

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA
DO RIO CUBATÃO DO SUL**

GUSTAVO JIHAD ACHCAR

ORIENTADORA: CRISTIANE FUNGHETTO FUZINATTO

2011/1



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E
AMBIENTAL

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA
DO RIO CUBATÃO DO SUL**

Trabalho apresentado à Universidade Federal
de Santa Catarina para Conclusão do Curso
de Graduação em Engenharia Sanitária e
Ambiental.

GUSTAVO JIHAD ACHCAR

Orientadora:
CRISTIANE FUNGHETTO FUZINATTO

FLORIANÓPOLIS/SC
JULHO/2011

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E
AMBIENTAL

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO CUBATÃO
DO SUL**

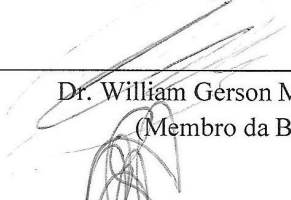
GUSTAVO JIHAD ACHCAR

Trabalho submetido à Banca Examinadora como parte
dos requisitos para Conclusão do Curso de Graduação
em Engenharia Sanitária e Ambiental–TCC II


BANCA EXAMINADORA:



Msc. Cristiane Funghetto Fuzinato
(Orientadora)



Dr. William Gerson Matias
(Membro da Banca)



Dr.ª. Silvia Pedroso Melegari
(Membro da Banca)

FLORIANÓPOLIS/SC

DEDICATÓRIA

À minha família,
Greice, minha esposa
Gabriel, meu filho
e aos meus pais
por acreditarem em mim.

AGRADECIMENTOS

À Cristiane Funghetto Fuzinatto, minha orientadora, pela ajuda e companheirismo durante as etapas deste trabalho.

Ao Prof. Dr. William Gerson Matias, pelos conhecimentos repassados durante o curso de Engenharia Sanitária e Ambiental.

Aos professores do departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental.

À Universidade Federal de Santa Catarina, por tudo que me proporcionou.

À equipe do Laboratório de Toxicologia Ambiental (LABTOX) da UFSC, pelo auxílio na execução dos testes.

À equipe do Laboratório Integrado de Meio Ambiente (LIMA) da UFSC pela paciência e auxílio durante as análises realizadas.

À minha família, por estarem sempre me apoiando e aconselhando.

Em especial ao meu filho Gabriel, pelo carinho e compreensão nos momentos em que não estou presente.

RESUMO

A água possui uma importância vital à vida e a quase todas as atividades humanas. Porém, este recurso é finito e vem sendo explorado de forma inadequada comprometendo o seu fornecimento para as futuras gerações. Inúmeras fontes de poluição providas de esgotos urbanos, industriais e resíduos da atividade agrícola são lançadas nos rios, prejudicando a qualidade de água. Atividades como a canalização e represamento de rios, exploração dos aquíferos e desperdício de água vem ameaçando os recursos hídricos. A fim de diminuir e controlar os impactos gerados pelas atividades humanas é fundamental que medidas sejam tomadas, como o tratamento e reúso das águas, preservação e recuperação de sistemas hídricos destruídos, limitação da exploração dos aquíferos e monitoramento da qualidade da água dos rios através de análises laboratoriais. Sendo assim, o objetivo geral deste trabalho é de avaliar a qualidade da água do rio Cubatão do Sul e analisar o Índice de Qualidade de Água (IQA). Foram coletadas amostras de água superficial em 4 pontos do rio Cubatão do Sul. Estas amostras foram analisadas no Laboratório Integrado do Meio Ambiente (LIMA) localizado na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Foram determinados valores de pH, Turbidez, Temperatura, OD, Sólidos Totais, Coliformes Fecais, NT, PT, DBO₅ necessários para calcular o Índice de Qualidade de Água (IQA). Além disso, foram realizados testes de toxicidade aguda utilizando o microcrustáceo *Daphnia magna* como organismo-teste no Laboratório de Toxicologia Ambiental (LABTOX) da UFSC. Após realização de todos os testes, foi constatado que o Rio Cubatão do Sul apresentou degradação da qualidade da água superficial em direção a foz, como pode ser verificado pela diminuição do IQA obtido. Esta degradação pode ser comprovada pelo aumento da Turbidez, Sólidos Totais, DBO₅, PT, NT e Coliformes Fecais ao longo do rio, e diminuição da concentração de Oxigênio dissolvido e pH. Em relação aos testes de toxicidade aguda não foi verificada toxicidade aguda para *Daphnia magna*. Os resultados deste estudo considerando a qualidade das águas superficiais são preocupantes, pois o rio Cubatão do Sul é um dos mananciais responsáveis em abastecer a região da Grande Florianópolis.

Palavras-chave: qualidade de água, organismo-teste, testes de toxicidade.

ABSTRACT

Water has a vital importance to life and almost all human activities. However, this resource is finite and has been exploited inappropriately compromising the supply for future generations. Several sources of pollution coming from urban sewage, industrial waste and agricultural activity are released into rivers, affecting water quality. Activities such as channeling and damming of rivers, the exploitation of aquifers and waste water is threatening the water resources. In order to reduce and control the impacts generated by human activities is essential that steps are taken, such as water treatment and reuse, preservation and restoration of water systems destroyed, limiting the exploitation of aquifers and river monitoring by laboratory analysis. Therefore, the objective of this work is to evaluate the water quality of the Cubatão South and analyze the Water Quality Index (AQI). First, samples of surface water in four sections of the river South Cubatão These samples were analyzed in the Laboratory's Integrated Environment (LIMA) located in the Federal University of Santa Catarina (UFSC). Were determined pH, turbidity, temperature, DO, Total Solids, Fecal Coliforms, NT, PT, BOD5 needed to calculate the Water Quality Index (AQI). In addition, acute toxicity tests performed using the micro crustacean *Daphnia magna* as test-organism in the Laboratory of Toxicology (LABTOX) of UFSC. After completion of all tests, we found that the South had the Cubatão quality degradation of surface water toward the mouth, as can be seen by the decrease in AQI obtained. This degradation can be evidenced by increased turbidity, total solids, BOD5, PT, NT and fecal coliforms along the river, and decreased concentration of dissolved oxygen and pH. Regarding the acute toxicity tests were not recorded acute toxicity for *Daphnia magna*. The results of this study considering the quality of surface water are of concern because the Cubatão South is one of the sources responsible for supplying the region of Florianópolis.

Keywords: water quality, toxicity tests, test-organism.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	OBJETIVOS.....	15
2.1	OBJETIVO GERAL	15
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
3	JUSTIFICATIVA E FINALIDADE.....	16
4	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
4.1	IMPORTÂNCIA DA ÁGUA.....	17
4.2	DISPONIBILIDADE DE ÁGUA	18
4.3	POLUIÇÃO DAS ÁGUAS	19
4.4	BACIA HIDROGRÁFICA	21
4.5	QUALIDADE DA ÁGUA.....	22
4.6	PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA.....	23
4.6.1	<i>Turbidez.....</i>	<i>23</i>
4.6.2	<i>Temperatura da água.....</i>	<i>24</i>
4.6.3	<i>Oxigênio dissolvido</i>	<i>25</i>
4.6.4	<i>Potencial hidrogênico (pH).....</i>	<i>25</i>
4.6.5	<i>Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅).....</i>	<i>26</i>
4.6.6	<i>Nitrogênio Total (NT).....</i>	<i>26</i>
4.6.7	<i>Fósforo Total (PT).....</i>	<i>27</i>
4.6.8	<i>Sólidos Totais (ST)</i>	<i>28</i>
4.6.9	<i>Coliformes Fecais.....</i>	<i>28</i>
4.7	ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA.....	29
4.8	TOXICOLOGIA E ECOTOXICOLOGIA	30
4.9	TOXICOLOGIA AQUÁTICA	32
4.9.1	<i>Testes de Toxicidade Aguda</i>	<i>34</i>
4.9.2	<i>Definição do Organismo Teste.....</i>	<i>34</i>
4.9.3	<i>Micro crustáceo Daphnia magna Straus (1820).....</i>	<i>35</i>
4.10	LEIS AMBIENTAIS	38
4.11	GEOPROCESSAMENTO.....	41

5	METODOLOGIA.....	43
5.1	ÁREA DE ESTUDO – RIO CUBATÃO DO SUL	43
5.2	ELABORAÇÃO DOS MAPAS.....	45
5.3	AMOSTRAGEM.....	45
5.4	ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E BIOLÓGICAS	50
5.5	TESTES TOXICOLÓGICOS	51
5.5.1	<i>Testes de toxicidade aguda com Daphnia magna</i>	51
5.6	CÁLCULO DO IQA.....	52
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES	55
6.1	MAPAS DA BACIA DO RIO CUBATÃO DO SUL.....	55
6.2	AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E BIOLÓGICOS DA ÁGUA DO RIO CUBATÃO DO SUL.....	60
6.3	RESULTADOS DO IQA.....	71
6.4	AVALIAÇÃO DOS TESTES DE TOXICIDADE AGUDA	72
7	CONCLUSÕES.....	73
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	76
9	RECOMENDAÇÕES	77
10	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	78

LISTA DE FIGURAS

Figura 4.2 –Natureza multidisciplinar da toxicologia	30
Figura 4.3 - Morfologia <i>Daphnia magna</i>	35
Figura 4.4 – Daphnia com efípio.....	36
Figura 4.5 – Daphnia com ovos na bolsa incubadora.....	37
Figura 5.1 - Ligação de esgoto com destino para o Rio Cubatão do Sul	44
Figura 5.2 - Presença de animais próximo ao rio Cubatão do Sul.....	44
Figura 5.3 - Despejo de resíduos sólidos próximo ao rio Cubatão do Sul	44
Figura 5.4- Estação Amostral 1-Rio Cubatão do Sul, SC -nascente do rio	46
Figura 5.5 – Foto a jusante da Estação Amostral 1	46
Figura 5.6 - Estação Amostral 2 (foto 1) - Rio Cubatão do Sul, SC - Águas Mornas	47
Figura 5.7 - Estação Amostral 2 (foto 2) - Rio Cubatão do Sul, SC - Águas Mornas	47
Figura 5.8 - Estação Amostral 3 (foto 1) - Rio Cubatão do Sul, SC - Santo Amaro da Imperatriz	48
Figura 5.9 - Estação Amostral 3 (foto 2) - Rio Cubatão do Sul, SC - Santo Amaro da Imperatriz	48
Figura 5.11 - Estação Amostral 4 (foto 1) - Rio Cubatão do Sul, SC - BR-101	49
Figura 5.12 - Estação Amostral 4 (foto 2)- Rio Cubatão do Sul, SC - BR-101	49
Figura 5.13 - Esquema do teste de toxicidade aguda com <i>Daphnia magna</i> (FUZINATTO, 2009).....	52
Figura 6.1 - Mapa de localização da Bacia do Rio Cubatão do Sul	55
Figura 6.2 - Remanescentes da Mata Atlântica na Bacia do Rio Cubatão do Sul	56
Figura 6.3 - Rede de Drenagem da bacia do rio Cubatão do Sul.....	58
Figura 6.4 - Modelo Digital de Elevação da Bacia do rio Cubatão do Sul	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 - Reservas da água na Terra.....	18
Tabela 4.2 - Distribuição da água na Terra	19
Tabela 4.3 - Principais agentes poluidores	20
Tabela 5.1 - Estruturação do banco de dados	45
Tabela 5.2 – Unidades e métodos de análise dos parâmetros físico-químicos.	50
Tabela 5.3 – Unidade e método de análise do parâmetro biológico.....	51
Tabela 5.4 - Parâmetros e pesos relativos ao IQA.....	53
Tabela 5.5 - Classificação da qualidade das águas.....	54
Tabela 6.1 - Características da bacia do Rio Cubatão do Sul.....	57
Tabela 6.13 – IQA das amostras coletadas em FEV/11	71
Tabela 6.14 - IQA das amostras coletadas em ABRIL/11.....	71

1 INTRODUÇÃO

A água é essencial para a vida no planeta e faz parte de toda composição química presente em todos os organismos. Podemos dizer que ela é fundamental à natureza e todas as atividades desenvolvidas pelo homem. Tal importância a torna uma necessidade básica em todas as formas de vida (BERTONI & LOMBARDI, 1990, apud CALIJURI & OLIVEIRA, 2000).

O volume de água presente no Brasil é estimado entre 12 e 16% do volume total de recursos hídricos do planeta Terra, porém, esses recursos não são distribuídos de forma homogênea e estão ameaçados pela exploração excessiva, desmatamento, despejo de esgoto doméstico, despejos de resíduos agrícolas, canalização de rios e construção de barragens entre muitos outros (CLARKE & KING, 2005).

Inúmeras atividades humanas vêm ameaçando grande parte dos recursos hídricos disponíveis nos dias atuais. A falta de planejamento deste recurso gera degradações, tais como poluição dos cursos d'água, erosão das áreas de entorno e perda da biota, influenciando na saúde humana e diminuição da qualidade de vida (FATMA, 1999 apud FUZINATTO, 2009).

O crescimento desordenado da área urbana traz algumas mudanças nos ecossistema dos rios, como a impermeabilização da superfície de drenagem, aumento da carga poluidora e canalização do curso do rio (GARCIAS, 2001 apud FUZINATTO, 2009).

A qualidade da água é influenciada pelas condições naturais e pelo uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica tais como abastecimento doméstico e industrial, irrigação, lazer, criação de espécies, geração de energia elétrica, navegação entre outros (SPERLING, 2005).

A legislação brasileira determina certos padrões que devem ser obedecidos. A Lei nº 9.433/97 institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. A portaria 518 (2004) do Ministério da Saúde, por exemplo, se refere aos padrões de potabilidade. A resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005) se refere aos padrões de corpos d'água e padrões de lançamento.

A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) tem como objetivos, *"assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos"* (Art. 2º, Cap. II, Tit. I, Lei nº 9.433) (ANA, 2005).

A PNRH também determina, como uma das diretrizes, de ação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, "*a gestão sistemática dos recursos hídricos; sem dissociação dos aspectos de quantidade e qualidade e a integração da gestão dos recursos hídricos com a gestão ambiental*" (Art. 3o, Cap. III, Tit. I, Lei nº 9.433).

Para se preservar os recursos hídricos, é fundamental que se introduza novos valores como a gestão integrada das águas, o tratamento e economia das águas. Além disso, é muito importante promover um aumento do conhecimento sobre o funcionamento de lagos, rios, represas e aquíferos e o aumento do banco de dados regionais que contenham séries históricas da disponibilidade, demanda de água e impactos na qualidade e quantidade (CLARKE & KING, 2005).

A fim de garantir uma água em quantidade e qualidade adequada para todos, é muito importante que se faça o monitoramento da água realizando análises dos parâmetros físico-químicos e biológicos e testes de toxicidade.

Foram avaliadas neste estudo as análises dos parâmetros físico-químicos e biológicos, em amostras de água superficial coletadas no rio Cubatão do Sul situado na bacia hidrográfica do rio Cubatão do Sul no Estado de Santa Catarina. Além disso, foram realizados testes de toxicidade aguda com o micro crustáceo *Daphnia magna*.

As análises dos parâmetros físico-químicos e biológicos são importantes na identificação e determinação da concentração de poluentes, porém não são suficientes para verificar o impacto desta poluição sobre a comunidade biótica.

Para ser avaliada a toxicidade presente na água do rio Cubatão do Sul optou-se por realizar testes de toxicidade aguda, pois respondem mais rápido a determinadas substâncias. Já os testes de toxicidade crônica precisam de um tempo maior para ser realizados.

Ao selecionar alguma espécie para servir como organismo-teste em testes de toxicidade a sensibilidade deste organismo deve ser observada. É fundamental que tal espécie seja bastante sensível a uma diversidade de agentes químicos, possibilitando resultados precisos, permitindo que esses resultados possam ser repetidos e reproduzidos (BERTOLETTI & DOMINGUES, 2008).

Com os resultados obtidos das análises físico-químicas e biológicas realizadas no laboratório do LIMA na UFSC, calculou-se um Índice de Qualidade de Água (IQA), um importante dado para se obter uma conclusão da situação ambiental presente nas águas do rio Cubatão

do Sul, que afetam direta e indiretamente a população local e todo o ambiente ao redor da Bacia do rio Cubatão do Sul.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a qualidade da água do rio Cubatão do Sul e analisar através do Índice de Qualidade de Água (IQA).

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Mensurar os parâmetros físico-químicos e biológicos da água coletada em quatro pontos amostrais do rio Cubatão do Sul, para o cálculo do IQA.

Verificar a conformidade dos parâmetros levantados com a legislação do CONAMA.

Determinar as influências sofridas pelo rio Cubatão do Sul dentro da sua bacia hidrográfica através da elaboração de mapas da bacia do rio Cubatão do Sul.

Determinar a toxicidade aguda da água superficial nos pontos de coleta do rio Cubatão do Sul utilizando *Daphnia magna* como organismo-teste.

3 JUSTIFICATIVA E FINALIDADE

Devido aos diversos usos dos recursos hídricos a poluição aumenta nas águas superficiais e subterrâneas, afetando a qualidade desta e os ecossistemas aquáticos.

A fim de garantir uma água com qualidade adequada para consumo e outros usos é necessário a criação de algumas medidas. Uma delas são o monitoramento da qualidade da água através das análises dos parâmetros físico-químicos e biológicos e a realização de testes de toxicidade.

Para uma interpretação mais simplificada dos resultados obtidos das análises dos parâmetros físico-químicos e biológico calculou-se o Índice de Qualidade de Água (IQA).

Para se avaliar a toxicidade da água do rio Cubatão do Sul optou-se por realizar testes de toxicidade aguda com o micro-crustáceo *Daphnia Magna*, pois são muito utilizados no Brasil e no exterior, além de possuírem inúmeros critérios que serão abordados durante o trabalho.

A confecção de mapas da bacia do rio Cubatão do Sul é muito importante para o estudo do rio, pois é uma ferramenta fundamental para se obter um conhecimento do local, além disso, é muito importante que se conheça não apenas o rio Cubatão do Sul, mas toda a Bacia hidrográfica em que ele se insere, pois, sofre influência desta.

Espera-se que a realização de testes de toxicidade com *Daphnia magna*, juntamente com as análises dos parâmetros físico-químicos e biológicos sirvam como ferramentas de consulta auxiliares na avaliação da qualidade da água do rio Cubatão do Sul, a órgãos públicos, auxiliando na detecção de agentes potencialmente tóxicos presentes na água, seja ela para consumo ou para outros usos.

Com isso, o estudo poderá ser muito útil à educação ambiental, para que as futuras gerações saibam do problema e junto com o poder público preservem o meio ambiente, ajudando assim na preservação dos corpos hídricos, em especial ao rio Cubatão do Sul que é um dos mananciais responsáveis no abastecimento de água da região da grande Florianópolis.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 IMPORTÂNCIA DA ÁGUA

“A água é um bem essencial à vida e ao desenvolvimento econômico-social das nações. Trata-se de um recurso natural renovável que pode tornar-se escasso com o crescimento das populações, das indústrias e da agricultura” (MAGALHÃES, 1993).

Historicamente a água participou do surgimento das primeiras civilizações que ocorreram nos vales de grandes rios. Porém entraram em colapso quando o abastecimento de água se extinguiu ou foi mal aproveitado. A civilização maia, por exemplo, entrou em declínio devido à má utilização do solo, que causou uma intensa erosão e escassez de água (BRUNI, 1994).

Na Grécia Antiga foi constituída a teoria dos quatro elementos, na qual a água junto com o ar, o fogo e a terra era considerada uma das substâncias fundamentais e participava na formação de todas as coisas. Esta teoria dominou o ocidente por mais de dois mil anos (BRUNI, 1994).

A água é um recurso fundamental para a vida e está presente na composição química de todos os organismos. Além disso, todas as atividades desenvolvidas pelo homem necessitam da água, tornando seu emprego um problema complexo de preservação (BERTONI & LOMBARDI, 1990, apud CALIJURI & OLIVEIRA, 2000).

A água é essencial para todas as reações nos seres vivos, além de ser necessária para regular a temperatura do organismo que se eleva devido ao grande desprendimento de calor resultante da oxidação da matéria orgânica (MANUAL DE SANEAMENTO FUNASA, 2006).

Os seres vivos devem manter um nível de água no organismo próximo do normal ao contrário morrem. O homem, por exemplo, pode viver cerca de dois ou três dias sem água, mas caso perca 20% de seu conteúdo normal, terá morte por desidratação. Por isso é importante que seja ingerido aproximadamente 2,5 litros de água por dia (BRUNI, 1994).

De acordo com Sperling (2005) os principais usos da água são os seguintes:

- abastecimento doméstico;
- abastecimento industrial;

- irrigação;
- dessedentação de animais;
- preservação da flora e fauna;
- recreação e lazer;
- geração de energia elétrica;
- navegação;
- diluição de despejos.

Dessa maneira é fundamental que tenhamos uma política de conservação dos recursos hídricos para que a água possa satisfazer a todos os seus usos, e que as gerações futuras não sofram com a falta deste valioso recurso natural.

4.2 DISPONIBILIDADE DE ÁGUA

“A distribuição de água no globo e sua aparente inesgotabilidade têm levado a humanidade a tratar este recurso renovável e limitado com descaso, uma vez que tanto a escassez da água como os excessos resultam do mau uso dos recursos naturais”(CALIJURI & OLIVEIRA, 2000).

A quantificação dos fluxos e reservas de toda água presente no globo foram realizados por diversos pesquisadores e um destes trabalhos é o apresentado por Peixoto e Oort (1990) cujos valores são apresentados na Tabela 4.1 (SILVEIRA, 1993).

Tabela 4.1 - Reservas da água na Terra

Volume (m ³)	
Oceanos	1350x10 ¹⁵
Geleiras	25x10 ¹⁵
Águas Subterrâneas	8,4x10 ¹⁵
Rios e Lagos	0,2x10 ¹⁵
Biosfera	0,0006x10 ¹⁵
Atmosfera	0,013x10 ¹⁵

Fonte: Silveira, 1993

De acordo com Sperling (2005), existem $1,36 \times 10^{18}$ m³ de água disponível na Terra que se distribuem segundo Tabela 4.2.

Tabela 4.2 - Distribuição da água na Terra

Distribuição da água na Terra	
Água no Mar	97%
Geleiras	2,20%
Água doce	0,80%

Fonte: Sperling, 2005

O Brasil é um país que possui uma grande reserva de água, entre 12 % e 16 % do total existente no planeta Terra, porém este recurso não é disponível de forma homogênea e encontra-se ameaçado por diversos fatores, um deles é a poluição causada pelo homem (CLARKE; KING, 2005).

4.3 POLUIÇÃO DAS ÁGUAS

A lei nº 6.938 (BRASIL, 1981) que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências, define poluição como sendo a alteração adversa das características do meio ambiente por atividades que prejudiquem a saúde, a segurança e o bem estar da população; que dificultem às atividades sociais e econômicas; que prejudiquem a biota, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e que lancem matérias ou energia fora dos padrões ambientais estabelecidos.

Segundo Sperling (2005) poluição das águas é a colocação de energia e matéria de forma que alterem a natureza do corpo d'água prejudicando seus usos.

Grande parte da água disponível para consumo humano é degradada por despejos de esgoto doméstico e industrial, despejos de metais pesados, agrotóxicos e águas pluviais contaminadas, disposição de resíduos sólidos nos corpos de água, e outros poluentes.

Os principais agentes poluidores são Sólidos em Suspensão, Matéria Orgânica biodegradável, Nutrientes, Organismos Patogênicos, Matéria Orgânica não biodegradável, Metais e Sólidos Inorgânicos dissolvidos (SPERLING, 2005). Esses poluentes serão apresentados na Tabela 4.3 com suas respectivas fontes, parâmetros representativos e possíveis efeitos poluidores.

Tabela 4.3 - Principais agentes poluidores

Principais agentes poluidores	Principais parâmetros representativos	Possível efeito poluidor
Sólidos em suspensão	-Sólidos em suspensão totais	Problemas estéticos, Depósitos de lodo, Adsorção de poluentes e Proteção de patogênicos
Matéria orgânica biodegradável	-Demanda Bioquímica de Oxigênio	Consumo de oxigênio, Mortandade de peixes e Condições sépticas
Nutrientes	-Nitrogênio e Fósforo	Crescimento excessivo de algas, Toxicidade aos peixes, Doença em recém nascido e Poluição da água subterrânea
Organismos patogênicos	-Coliformes	Doença de veiculação hídrica
Matéria orgânica não biodegradável	Pesticidas, Detergentes, Produtos Farmacêuticos e outros	Toxicidade, Espumas, Redução da transferência de oxigênio, Maus odores e Biodegradabilidade reduzida
Metais	As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, etc	Toxicidade, Inibição do tratamento biológico dos esgotos, Problemas na disposição do lodo na agricultura, Contaminação da água subterrânea
Sólidos inorgânicos dissolvidos	-Sólidos dissolvidos totais e Condutividade elétrica	Salinidade excessiva, Toxicidade as plantas, Problemas de permeabilidade de solos

Fonte: Sperling, 2005

De acordo com Sperling (2005) existem duas formas de o poluente atingir um corpo d'água, a poluição pontual e a poluição difusa. A primeira atinge de forma concentrada e a segunda de forma distribuída.

Segundo Zagatto (2008) fontes de poluição pontuais e difusas contribuem para as modificações ambientais tais como o decréscimo da qualidade das águas, as freqüentes mortandades de peixes e, até mesmo, a morte de rios.

No planejamento das atividades para controle da poluição da água é muito importante que se considere a bacia hidrográfica como um todo com o objetivo de se obter maior eficiência.

4.4 BACIA HIDROGRÁFICA

A bacia hidrográfica é uma área que capta água da precipitação e transporta os escoamentos para um único ponto de saída, seu exutório. É composta basicamente de um conjunto de superfícies vertentes, uma rede de drenagem formada por cursos de água que se concentram num leito único o exutório (SILVEIRA, 1993).

A bacia hidrográfica é composta por um conjunto de micro-bacias e apresentam características geológicas, geomorfológicas, pedológicas, climatológicas e um conjunto de comunidades animais e vegetais que interagem entre si (CALIJURI & OLIVEIRA, 2000).

A Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei nº. 9.433, de 8 de janeiro de 1997, incorpora princípios e normas para a gestão de recursos hídricos e define bacias hidrográficas como unidade de estudo e gestão. Portanto, é fundamental para gestores e pesquisadores compreender o conceito de bacia hidrográfica e de suas subdivisões e estudar suas características físicas.

O estudo das características físicas de uma bacia hidrográfica é aplicado em áreas de escolha de fontes para abastecimento de água; projeto e construções de obras hidráulicas; projetos de drenagem; irrigação; regularização de corpos d'água e controle de inundações; controle da poluição; controle de erosão; navegação; aproveitamento hidroelétrico; operação de sistemas hidráulicos complexos; recreação e preservação do meio ambiente e preservação e desenvolvimento da vida aquática (CHRISTOFOLETTI, 1980 apud CURTARELLI, 2009).

A bacia hidrográfica é um sistema físico em que o volume de água precipitado determina a entrada da bacia e o volume de água escoado pelo exutório é à saída da bacia (SILVEIRA, 1993).

Sendo assim, para realizar uma avaliação da qualidade de água, manejo e recuperação de um determinado rio, é fundamental que os

trabalhos sejam desenvolvidos contemplando a bacia hidrográfica como unidade de estudo (CALIJURI & OLIVEIRA, 2000).

4.5 QUALIDADE DA ÁGUA

A qualidade da água depende das condições naturais e do uso e da ocupação do solo na bacia hidrográfica. Por exemplo, mesmo com a bacia hidrográfica preservada, a qualidade das águas é afetada pelo escoamento superficial e infiltração no solo que carregam as partículas, substâncias e impurezas presentes no solo. Além disso, as ações antrópicas interferem na qualidade das águas através da geração de despejos domésticos e industriais e na aplicação de defensivos agrícolas no solo (SPERLING, 2005).

Segundo Tucci (1993), a qualidade das águas depende das condições geológicas e geomorfológicas, da cobertura vegetal da bacia de drenagem, do comportamento dos ecossistemas terrestres e de águas doces, das ações antrópicas e da precipitação que escoam diretamente para os rios devido à impermeabilização resultante da urbanização.

Os principais parâmetros a serem investigados numa análise de água são cor, turbidez, sabor e odor, temperatura, pH, alcalinidade, acidez, dureza, ferro e manganês, cloretos, nitrogênio, fósforo, oxigênio dissolvido, matéria orgânica (DBO e DQO), micro poluentes inorgânicos, micro poluentes orgânicos, organismos indicadores, algas e bactérias (SPERLING, 2005).

Os sólidos presentes na água são classificados, de acordo com as características físicas, como sólidos em suspensão que tem diâmetro superior a $10^0 \mu\text{m}$; sólidos coloidais com diâmetro entre $10^{-3} \mu\text{m}$ e $10^0 \mu\text{m}$ e sólidos dissolvidos cujo diâmetro é menor que $10^{-3} \mu\text{m}$. Além disso, podem ser classificados, pelas características químicas, em sólidos orgânicos e sólidos inorgânicos. Os orgânicos ao serem submetidos a uma temperatura elevada (550°C) são volatilizados, os inorgânicos não (SPERLING, 2005).

Os microorganismos são fundamentais na avaliação da qualidade da água, pois, além de estarem presentes em diversos ambientes, participam do processo de depuração dos despejos e são muitas vezes associados com doenças ligadas à água (SPERLING, 2005).

Informações sobre a qualidade da água no país são, ainda, insuficientes. O levantamento realizado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2004) informa que, dos 26 estados da Federação

apenas nove possuem sistemas de monitoramento da qualidade da água considerados ótimos ou muito bons; cinco possuem sistemas bons ou regulares entre eles o estado de Santa Catarina; e treze apresentam sistemas fracos ou incipientes. Este levantamento considerou a porcentagem das bacias hidrográficas monitoradas, número de parâmetros de qualidade e a frequência de amostragem.

O tratamento de esgotos no Brasil ainda não atende todos os municípios brasileiros. Segundo pesquisa realizada pelo IBGE, no ano de 2002, 47,8% dos municípios brasileiros não possuíam coleta e tratamento de esgotos. Dos 52,2% dos municípios que possuem o serviço de coleta, apenas 20,2% tratam o esgoto coletado e os 32% restantes apenas coletam. O esgoto não tratado é conduzido para os rios e mares transformando-os em focos para a disseminação de doenças, afetando diretamente a qualidade da água e o meio ambiente (SANTA CATARINA, 2006).

O Estado de Santa Catarina é considerado um dos estados com melhor qualidade de vida do Brasil, porém, em relação à coleta e tratamento de esgotos, somente 12% da população do Estado é atendida, classificando o Estado como um dos piores do país em saneamento básico (ABES, 2010).

Visando uma melhoria na qualidade da água dos corpos hídricos no Brasil, é fundamental que se executem projetos de saneamento, para tratar dos poluentes que são conduzidos para córregos, rios e mares.

Segundo Sperling (2005) a Engenharia Sanitária e Ambiental tem o desafio de planejar, projetar, executar e controlar as obras necessárias para a manutenção da qualidade da água de acordo com seus usos.

4.6 PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA

A qualidade da água não se refere somente à pureza desta, mas também às suas características físicas, químicas e bacteriológicas. A seguir serão apresentados as características e o significado ambiental de alguns dos inúmeros parâmetros de qualidade.

4.6.1 Turbidez

Segundo Sperling (2005) a turbidez é o grau de interferência com a passagem de luz através da água, deixando-a com aparência turva.

Quando as margens de rios em dias de chuvas sofrem erosão e quando há o lançamento de efluentes domésticos ocorre um aumento da turbidez nas águas reduzindo a fotossíntese da vegetação submersa e das algas. O reduzido desenvolvimento das plantas pode afetar diretamente as comunidades biológicas aquáticas, os usos doméstico, industrial e recreacional dos corpos d'água (CETESB, 2010^a).

Atividades de mineração, assim como o lançamento de esgotos e de efluentes industriais, também são fontes importantes que causam uma elevação da turbidez das águas (ANA, 2005).

O aumento da turbidez faz com que uma quantidade maior de produtos químicos (ex: coagulantes) sejam utilizados nas estações de tratamento de águas, aumentando os custos de tratamento. Além disso, a alta turbidez também afeta a preservação dos organismos aquáticos, o uso industrial e as atividades de recreação (ANA, 2005).

No Brasil, a turbidez da maioria dos rios é elevada devido às características geológicas das bacias de drenagem, aos altos índices pluviométricos e do uso de práticas agrícolas inadequadas. No entanto, nas regiões onde as precipitações intensas são menos frequentes, os rios apresentam turbidez mais baixa. A turbidez natural das águas superficiais esta na faixa de 3 a 500 UNT (LIBÂNIO, 2008).

A Resolução do CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005), estabelece o limite de até 100 UNT de turbidez para águas doces de classe 2. Já a Portaria nº 518 de 25/03/2004 do Ministério da Saúde determina que a água potável deva estar em conformidade com os padrões de aceitação para o consumo humano, não devendo ultrapassar o valor de 5,0 UNT (BRASIL, 2004).

4.6.2 Temperatura da água

A temperatura da água afeta a taxa das reações físicas, químicas e biológicas e diminuem a solubilidade dos gases. Além disso, as elevações de temperatura aumentam a taxa de transferência de gases, o que pode gerar mau cheiro, caso haja liberação de gases com odores desagradáveis (SPERLING, 2005).

4.6.3 Oxigênio dissolvido

O oxigênio dissolvido (OD) é fundamental para os organismos aeróbios (ex: peixes), e é o principal parâmetro de caracterização dos efeitos da poluição das águas por despejos orgânicos (SPERLING, 2005).

Segundo Sperling (2005) a solubilidade do OD varia com a altitude e a temperatura. Ao nível do mar, na temperatura de 20°C, a concentração de saturação do oxigênio é igual a 9,2 mg/L.

O oxigênio dissolvido em concentrações baixas é sinal da presença de grande quantidade de matéria orgânica (provavelmente esgotos). Porém se este estiver em concentrações elevadas, pode indicar a presença de algas (SPERLING, 2005).

Águas eutrofizadas podem apresentar concentrações de oxigênio bem superiores a 10 mg/L, mesmo em temperaturas superiores a 20°C, caracterizando uma situação de supersaturação (CETESB, 2010^a).

A supersaturação ocorre principalmente em lagos e represas em que o excessivo crescimento das algas faz com que durante o dia, devido à fotossíntese os valores de oxigênio fiquem mais elevados. Por outro lado, durante a noite não ocorre à fotossíntese, e a respiração dos organismos faz com que as concentrações de oxigênio diminuam bastante, podendo causar mortandades de peixes (ANA, 2005).

Além da fotossíntese, o oxigênio também é introduzido na água através de processo físicos, que dependem das características hidráulicas dos corpos d'água (ex: velocidade da água) (ANA, 2005).

4.6.4 Potencial hidrogênico (pH)

Potencial hidrogeniônico (pH), consiste na concentração de íons hidrogênio H^+ (em escala antilogarítmica) $-pH = -\log_{10}[H^+]$, mostrando a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água, compreendendo o intervalo de 0 a 14 (SPERLING, 2005).

Para análise da água a medição do pH é fundamental. Valores altos podem estar associados à proliferação de algas, valores afastados da neutralidade podem afetar os organismos aquáticos (SPERLING, 2005).

O pH influencia na solubilidade de diversas substâncias, na distribuição das formas livre e ionizada de diversos compostos

químicos, além de definir se determinado elemento possui potencial de toxicidade (LIBÂNIO, 2008).

Em relação à saúde pública, o pH só interfere caso seus valores sejam extremamente baixos ou elevados, podendo provocar irritação na pele ou nos olhos (SPERLING, 2008).

Valores de pH entre 6,0 e 9,0 são considerados compatíveis para a sobrevivência da maioria dos organismos aquáticos. Fortes mudanças no valor de pH em um curto tempo inibem os processos de organismos ou o poder de autodepuração (FATMA, 1999 apud FUZINATTO, 2009).

Alterações nos valores de pH também podem aumentar o efeito de substâncias químicas que são nocivas aos organismos aquáticos, como por exemplo, os metais pesados (ANA, 2005).

4.6.5 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅)

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica carbonácea por decomposição de microorganismos aeróbios para a forma inorgânica estável. A DBO₅ é normalmente considerada como a quantidade de oxigênio consumido durante um período de 5 dias em uma temperatura de incubação de 20°C.

Os grandes aumentos em termos de DBO₅ num corpo d'água são provocados por despejos de origem predominantemente orgânica. A presença de um alto teor de matéria orgânica pode reduzir significativamente a concentração de oxigênio na água, provocando o desaparecimento de peixes e outras formas de vida aquática (CETESB, 2010^a).

4.6.6 Nitrogênio Total (NT)

O nitrogênio é um dos elementos mais importantes no metabolismo de ecossistemas aquáticos, devido a sua participação na formação de proteínas.

Segundo Derisio (2007) a presença de nitrogênio nas águas em concentrações elevadas favorece a proliferação de organismos aquáticos podendo provocar o processo de eutrofização, comprometendo os usos da água como abastecimento público, recreação e navegação.

O nitrogênio pode ser encontrado em diversas formas no meio aquático:

- nitrogênio molecular (N_2): Sujeito às perdas para a atmosfera. Algumas espécies de algas conseguem fixar o nitrogênio atmosférico, o que permite o seu crescimento.
- nitrogênio orgânico: constituído por nitrogênio na forma dissolvida (compostos nitrogenados orgânicos) ou particulada (biomassa de organismos);
- íon amônio (NH_4^+): É encontrado em condições de anaerobiose e é um indicador do lançamento de esgotos com elevada carga orgânica;
- íon nitrito (NO_2^-): Aparece em uma fase intermediária natural na oxidação microbiana do Nitrato (NO_3^-);
- íon nitrato (NO_3^-): É muito solúvel em água. Nos corpos d'águas a presença de NO_3^- está, geralmente, associada à poluição por adubos agrícolas incorporados ao solo e por efluentes de estações de tratamento de esgoto (FATMA, 1999 apud FUZINATTO, 2009);

Em condições alcalinas, há o predomínio da amônia livre, que é bastante tóxica a vários organismos aquáticos. Já o nitrato, esta associado a doenças como metahemoglobinemia (síndrome do bebê azul), que dificulta o transporte de oxigênio na corrente sanguínea de bebês (SPERLING, 2005).

Em poluições recentes, a forma nitrogenada predominante encontrada está na forma orgânica ou de amônia, enquanto em poluições consideradas mais remotas a forma nitrogenada predominante está associada à forma de nitrato (SPERLING, 2005).

4.6.7 Fósforo Total (PT)

O Fósforo é essencial para a vida, pois é parte das suas estruturas celulares. Na água podem estar presentes em quatro frações diferentes: inorgânicas dissolvidas e não dissolvidas, orgânicas dissolvidas e não dissolvidas (FATMA, 1999 apud FUZINATTO, 2009).

O Fósforo é um importante nutriente para os processos biológicos e seu excesso pode causar a eutrofização das águas (ANA, 2005).

O Fósforo é encontrado em águas naturais devido principalmente aos despejos de esgotos sanitários, que contém detergentes superfosfatos

e matéria fecal, rica em proteínas. É um dos nutrientes essenciais para o crescimento de microorganismos responsáveis pela estabilização da matéria orgânica (CETESB, 2010^a).

A drenagem pluvial de áreas agrícolas e urbanas, os efluentes industriais provindos de indústrias de fertilizantes, alimentícias, laticínios, frigoríficos e abatedouros também são uma fonte significativa de fósforo para os corpos d'água (ANA, 2005).

4.6.8 Sólidos Totais (ST)

Segundo Silva e Oliveira, (2001) Sólidos Totais é toda matéria que permanece como resíduo após evaporação e secagem a uma temperatura entre 103 e 105 °C.

Altos valores de Sólidos Totais na água comprometem diversos usos da água como recreação, abastecimento doméstico e uso industrial, além de indicar a erosão do solo, a contaminação por efluentes domésticos e industriais e o despejo de terras causado por atividades antrópicas.

Os sólidos Totais podem ser classificados em sólidos em suspensão e sólidos dissolvidos. Os sólidos em suspensão podem ser sedimentáveis e não sedimentáveis e os sólidos dissolvidos podem ser voláteis ou fixos (LIBÂNIO, 2008).

4.6.9 Coliformes Fecais

Segundo a Resolução CONAMA nº 274 de 2000, coliformes fecais são definidos como sendo bactérias pertencentes ao grupo dos coliformes totais caracterizadas pela presença da enzima β -galactosidase e pela capacidade de fermentar a lactose com produção de gás em 24 horas à temperatura de 44-45°C em meios contendo sais biliares ou outros agentes tenso-ativos com propriedades inibidoras semelhantes. Estão presentes em fezes humanas e de animais, solos, plantas ou qualquer efluente contendo matéria orgânica.

A concentração de coliformes fecais em um corpo d'água é, muitas vezes, usada como indicador de qualidade sanitária da água, e não representa por si só um perigo para a saúde, servindo antes como indicador da presença de outros organismos causadores de problemas para a saúde.

4.7 ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA

O índice de qualidade de água é representado por um número compreendido de 0 a 100, sendo utilizado para caracterizar a qualidade da água. Este índice é função de alguns parâmetros físicos, químicos e biológicos da água que ao ultrapassarem os valores estabelecidos pela legislação vigente, podem causar problemas a população que a utiliza.

Em 1970, nos Estados Unidos, foi criado o Índice de Qualidade das Águas, pela National Sanitation Foundation (NSF). As variáveis estabelecidas para o cálculo do Índice de Qualidade de água e o peso relativo de cada parâmetro foram estabelecidos por especialistas em qualidade de água (CETESB, 2010^b).

A partir de 1975 a CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo) começou a utilizá-lo e, após alguns anos, outros Estados brasileiros passaram a adotá-lo. Atualmente é considerado o mais importante índice de qualidade do país (ANA, 2005).

No Brasil a CETESB adaptou e desenvolveu o IQA com base no índice elaborado pela NSF. Este índice foi desenvolvido para avaliar a qualidade da água bruta, tendo como destino principal o abastecimento público após tratamento (CETESB, 2010^b).

Foram considerados fundamentais para a avaliação da qualidade das águas 9 parâmetros de qualidade : Turbidez (UNT), Temperatura (°C), OD (mg/L), pH, DBO5, Nitrogênio Total, Fósforo Total, Sólidos Totais e Coliformes Fecais. Esses índices são em sua maioria indicadores de contaminação causada pelo lançamento de esgotos domésticos (CETESB, 2010^b).

A vantagem de se utilizar o IQA é a de simplificar grandes volumes de dados de parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos da qualidade de água em um único número, isso permite que haja um melhor entendimento ao público leigo, e que se façam comparações de estados de qualidade de corpos hídricos diferentes. Porém apenas esse índice não fornece uma avaliação integrada e jamais substituirá uma avaliação detalhada da qualidade das águas de uma determinada bacia hidrográfica (CETESB, 2010^b).

A avaliação da qualidade da água obtida pelo IQA apresenta algumas limitações, pois não analisa vários parâmetros importantes para o abastecimento público, tais como substâncias tóxicas (ex: metais pesados, pesticidas, compostos orgânicos), protozoários patogênicos e

substâncias que interferem nas propriedades organolépticas da água (ANA, 2005).

Nos dias de hoje o IQA é utilizado como indicador de contaminação orgânica por esgotos domésticos e industriais em diversos estados Brasileiros, como no Paraná, Rio Grande do Sul, São Paulo, Espírito Santo, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, Bahia, e Amapá (ANA, 2005).

4.8 TOXICOLOGIA E ECOTOXICOLOGIA

A toxicologia é a ciência de toda substância que destrói ou altera as funções vitais. Ela utiliza técnicas de outras ciências, pois, não possui técnicas próprias, por isso, o profissional dessa área é obrigado a ter uma formação multidisciplinar (MATIAS, 2007).

A dose expressa a porção ou quantidade de uma substância que se administra ao organismo. Este conceito é fundamental para o estudo da Toxicologia, pois, muitas substâncias se administradas em doses baixas, podem não ser prejudiciais ao organismos, mas em doses elevadas podem. Um exemplo é a água, fundamental para a sobrevivência dos seres vivos, mas se ingerida em excesso pode causar complicações como a lise celular (MATIAS, 2007).

Segundo Chasin e Pedrozo (2003), esta ciência engloba enfoques variados e reuni uma série de conhecimentos reforçando seu caráter multidisciplinar (Figura 4.1).

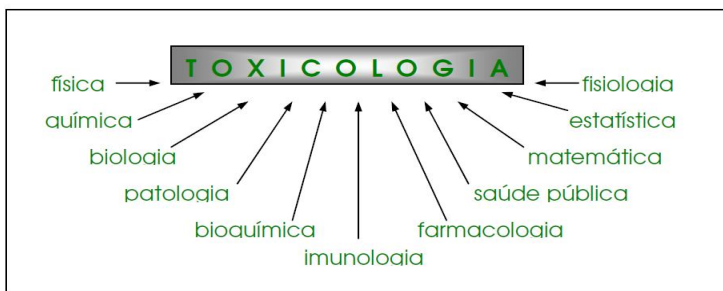


Figura 4.1 –Natureza multidisciplinar da toxicologia

Fonte: Matias (2007)

A toxicologia é dividida em alguns ramos como a toxicologia ambiental que estuda os efeitos nocivos causados pela interação de

agentes químicos contaminantes no meio ambiente- água, solo, ar- com organismos humanos; a toxicologia de alimentos que estuda a toxicidade das substâncias veiculadas pelos alimentos; a toxicologia de medicamentos e cosméticos que estudam os efeitos nocivos produzidos pela interação de medicamentos ou cosméticos com o organismo; a toxicologia ocupacional que estuda as ações e efeitos danosos de substâncias químicas usadas no ambiente de trabalho sobre o organismo humano e, por fim, a toxicologia social que estuda os efeitos nocivos decorrentes do uso não médico de drogas ou fármacos, causando prejuízo ao próprio indivíduo e à sociedade (CHASIN e PEDROZO, 2003).

O objetivo da toxicologia é estudar os inúmeros problemas relacionados aos tóxicos sobre o plano analítico como do ponto de vista fisiológico e bioquímico. Além disso, o termo toxicologia também mostra o conjunto de investigações que avaliam a toxicidade dos poluentes sobre os seres vivos (MATIAS, 2007).

Segundo Chasin e Pedrozo (2003), o objetivo da Toxicologia é gerenciar o risco, condição indispensável para estabelecer medidas de segurança na utilização dos compostos químicos, visando proteger o meio ambiente e a saúde humana.

Por existirem diferentes áreas na Toxicologia e devido aos diferentes campos da Ecologia, na década de 1970, toxicologistas e ecologistas perceberam que havia algo de comum entre estas duas disciplinas. Com a associação dos conhecimentos de Toxicologia e Ecologia surgiu a Ecotoxicologia (ZAGATTO, 2008).

Em junho de 1969, foi sugerido o termo “Ecotoxicologia”, pelo toxicologista francês René Truhaut durante uma reunião do Comitê do the International Council of Scientific Unions (ICSU), em Estocolmo. Após esse evento formou-se o Comitê Científico do ICSU sobre problemas ambientais (SCOPE), que foi responsável por organizar um grupo de trabalho sobre a Ecotoxicologia (TRUHAUT, 1977 apud ZAGATTO, 2008).

Após muita discussão nos encontros do SCOPE, em 1976, a definição de Ecotoxicologia foi publicada. Sendo então definida como a *“ciência que estuda os efeitos das substâncias naturais ou sintéticas sobre os organismos vivos, populações e comunidades, animais ou vegetais, terrestres ou aquáticos, que constituem a biosfera, incluindo assim a interação das substâncias com o meio nos quais os organismos*

vivem num contexto integrado” (PLAA, 1982; Cairns e Niederlehner, 1995 apud ZAGATTO, 2008).

Os direcionamentos dos estudos ecotoxicológicos foram definidos pelo SCOPE e compreendem o estudo das emissões e entradas de poluentes no ambiente abiótico; o estudo da entrada e destino dos poluentes nas cadeias biológicas e suas formas de transferência como alimento via cadeia trófica; e o estudo qualitativo e quantitativo dos efeitos tóxicos dos poluentes ao ecossistema com consequências ao homem (TRUHAUT, 1977 apud ZAGATTO, 2008).

Ecotoxicologia é a ciência que estuda os efeitos de substâncias químicas expostas no meio ambiente, sobre populações, levando-se em conta a degradação, bioacumulação, bioamplificação e mobilidade dessas substâncias (MATIAS, 2007).

Para Ramade (1977) apud Zagatto (2008) a Ecotoxicologia é a ciência que tem o propósito de estudar as modalidades de contaminação do ambiente pelos poluentes naturais ou sintéticos, gerados por atividades humanas, seus mecanismos de ação e seus efeitos sobre os seres vivos que habitam a biosfera.

De acordo com Kendall (1996) apud Chasin & Azevedo (2003), Ecotoxicologia estuda o destino e os efeitos das substâncias químicas sobre o ecossistema, com base em métodos laboratoriais e de campo, que estuda de forma qualitativa e quantitativa os efeitos prejudiciais causados pelas substâncias químicas, considerando suas inter-relações no ecossistema e atuação nos organismos.

4.9 TOXICOLOGIA AQUÁTICA

A toxicologia aquática estuda os efeitos adversos de substâncias tóxicas ou venenos sobre os organismos aquáticos.

A avaliação da toxicidade de agentes químicos no meio aquático é feita através de ensaios ecotoxicológicos, onde são utilizados organismos representativos da coluna d'água ou dos sedimentos de ambientes de água doce, estuarina ou marinha (ARAGÃO & ARAÚJO, 2008).

Relata-se desde 1920, a realização de testes de toxicidade aquática, utilizando peixes como organismo-teste. Durante as décadas de 1940 e 1950 novos métodos de ensaios surgiram, resultando em diferentes resultados. Isso levou os pesquisadores a buscarem uma padronização nos ensaios toxicológicos para minimizar as diferenças

ocorridas (DOUDOROFF et al., 1951, apud SLOOF, 1988, apud ARAGÃO & ARAÚJO, 2008).

Em nível internacional os testes de toxicidade são padronizados pela American Society for Testing and Materials - ASTM (Estados Unidos); American Water Work Association - AWWA (Estados Unidos); International Organization for Standardization - ISO (Estados Unidos); Organization for Economic Co-Operation and Development - OECD (Estados Unidos); Deutsches Institut für Normung – DIN (Alemanha) (Aragão & Araújo, 2008).

No Brasil somente em 1987 é que a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) começa a publicar suas primeiras normas relativas a testes de toxicidade (Aragão & Araújo, 2008).

De acordo com Knie & Lopes (2004) os testes toxicológicos podem ser utilizados para diversos fins como por exemplo:

- avaliação do risco potencial de substâncias químicas ao meio ambiente;
- monitoramento de qualidade de águas superficiais e subterrâneas;
- fiscalização de efluentes;
- avaliação da contaminação de águas após acidentes com produtos químicos;
- identificação de fontes poluidoras;

Os resultados dos testes de toxicidade podem ser afetados por fatores bióticos, e por fatores abióticos como o pH, oxigênio dissolvido, temperatura e dureza da água. Esses parâmetros devem ser monitorados durante a execução dos testes (ARAGÃO & ARAÚJO, 2008).

Apesar dos testes de toxicidade serem excelentes para o diagnóstico da qualidade ambiental e controle da poluição, seus resultados podem não ser interpretados de forma correta. Por exemplo, os resultados de ensaios de toxicidade a organismos aquáticos não podem ser extrapolados ao homem, já que não existem dados científicos que correlacionam a toxicidade a organismos aquáticos com a toxicidade ao homem quanto à qualidade da água para potabilidade (ARAGÃO & ARAÚJO, 2008).

Os efeitos ocorridos pela exposição a substâncias tóxicas em ecossistemas aquáticos podem ocasionar a morte dos organismos (efeito agudo) como também afetar o seu desenvolvimento, crescimento e reprodução (efeito crônico).

4.9.1 Testes de Toxicidade Aguda

Segundo Matias (2007), a toxicidade aguda é a manifestação de um efeito em um curto espaço de tempo após administração de uma dose única de uma substância. Normalmente, é o primeiro estudo realizado sobre uma substância quando não se conhece, ou se tem uma noção teórica, muito restrita, sobre a substância a ser estudada.

Os critérios de avaliação de testes de toxicidade aguda, geralmente, são a mortalidade e a imobilidade dos organismos-testes (BIRGE et al., 1985 apud ARAGÃO & ARAÚJO, 2008)

De acordo com Matias (2007) o ensaio de toxicidade aguda permite calcular a expressão matemática da dose ou a concentração da substância, que causa a morte ou imobilidade de 50% da população exposta (DL_{50} , CL_{50} ou CE_{50}).

Os testes de toxicidade aguda são muito utilizados, pois respondem rapidamente a exposição de determinada substância, em um curto período de tempo, além disso, são de fácil execução e apresentam um baixo custo (ARAGÃO & ARAÚJO, 2008).

4.9.2 Definição do Organismo Teste

Segundo Matias (2007) na toxicologia a espécie de escolha não é necessariamente aquela que apresenta mais semelhanças com o homem, mas será aquela que permitira melhor evidenciar o tipo de efeito toxicológico pesquisado (melhor sensibilidade). Os aspectos que influenciam na escolha da espécie são:

- Facilidade de reprodução
- Facilidade de cultivo
- Velocidade de crescimento e desenvolvimento
- Disponibilidade no mercado
- Facilidade de manipulação dos animais ou vegetais

Ao selecionar alguma espécie para servir como organismo-teste em testes de toxicidade a sensibilidade deste organismo deve ser observada. É fundamental que tal espécie seja bastante sensível a uma diversidade de agentes químicos, possibilitando resultados precisos, permitindo que esses resultados possam ser repetidos e reproduzidos (BERTOLETTI & DOMINGUES, 2008).

Bertoletti e Domingues (2008) sugerem que se utilizam no mínimo três espécies representantes do ecossistema aquático: uma espécie de alga que representa os produtores; uma espécie de crustáceo que representa os consumidores primários e/ou secundários e uma espécie de peixe que representa os consumidores secundários e/ou terciários.

O micro crustáceo do gênero *Daphnia*, atende a vários critérios para a seleção de um organismo-teste, sendo utilizado em diversas partes do mundo. Sua metodologia de teste segue padrões internacionais.

4.9.3 Micro crustáceo *Daphnia magna* Straus (1820)

A *Daphnia magna* STRAUS, 1820 (Cladocera, Crustacea) é um micro crustáceo planctônico de água doce. Possui tamanho médio de 5 a 6mm, e atua como consumidor primário na cadeia alimentar aquática se alimentando através da filtração de material orgânico particulado, principalmente de algas unicelulares (KNIE & LOPES, 2004). Uma visão da morfologia da *D. magna* pode ser observada na Figura 4.2.



Figura 4.2 - Morfologia *Daphnia magna*

Fonte: Fuzinatto (2009)-Adaptado de www.idrc.ca/openbooks/147-7

Segundo Zagatoo e Goldstein (1984) as espécies do gênero *Daphnia*, também conhecidas como “pulgas d’água”, fazem parte da alimentação de peixes.

A *D. magna* é um cladocero e sua alimentação se dá pela filtração que retêm algas, bactérias e pequenas partículas de material orgânico da água. O alimento é levado para a boca onde é moído por mandíbulas e direcionado ao trato digestivo, onde é retido aproximadamente de meia a

3 horas (BUIKEMA e SHERBERGER, 1977 apud BERTOLETTI e DOMINGUES, 2008).

O crescimento da *D. magna* ocorre logo depois a muda (ecdise). Na fase pré-adulta a muda ocorre quase que diariamente já na fase adulta a muda ocorre a cada 2 ou 3 dias. Os dafnídeos em condições favoráveis produzem crias de 4 a 65 jovens antes de cada muda (BERTOLETTI e DOMINGUES, 2008).

A reprodução da *D. magna* em condições favoráveis é partenogenética, originando apenas fêmeas. Já em condições ambientais desfavoráveis como superpopulações, falta de alimento ou mudança de temperatura surgem na cultura machos e fêmeas com dois ovos haplóides que são fecundados pelos machos. Esses ovos são denominados de efípio (BERTOLETTI e DOMINGUES, 2008). A Figura 4.3 e Figura 4.4 mostram a foto da Daphnia com efípio e da Daphnia com ovos na bolsa incubadora respectivamente.



Figura 4.3 – Daphnia com efípio
Fonte: (Knie & Lopes, 2004).



Figura 4.4 – Daphnia com ovos na bolsa incubadora
Fonte: (Knie & Lopes, 2004).

Os machos e as fêmeas têm algumas diferenças. Uma delas é que os machos são menores e possuem o corpo mais afilado do que a fêmea, além disso, nadam mais rapidamente. As fêmeas possuem uma bolsa incubadora, que na maioria das vezes contém ovos ou embriões, bem visíveis (KNIE & LOPES, 2004).

De acordo com KNIE & LOPES existem inúmeros critérios que fazem da *D. magna* uma escolha para teste como:

- *“Os descendentes são geneticamente idênticos, o que assegura uma certa uniformidade de respostas nos ensaios;*
- *A cultura em laboratório sob condições controladas é fácil e sem grandes dispêndios*
- *O manuseio é simples, por causa do tamanho relativamente grande da espécie, em comparação com outros microcrustáceos;*
- *A espécie reage sensivelmente à ampla gama de agentes nocivos;*
- *A espécie é adequada para testes estáticos, semi-estáticos ou de fluxo contínuo;*
- *O ciclo de vida e de reprodução é suficientemente curto, o que permite usar as daphnias também em testes crônicos;*
- *A Daphnia magna é internacionalmente reconhecida como organismo-teste e vem sendo utilizada há décadas em laboratórios ecotoxicológicos;”*

Em experimentos com Daphnias, Buikema et al.,(1980) apud Aragão Araújo (2008) mencionam que a vantagem de usar organismos nos primeiros estágios de vida, é que seu tamanho é menor, aumentando

a superfície de contato das substâncias tóxicas no meio ambiente . Além disso, nas primeiras 48 horas as Daphnias sofrem ecdise mais freqüentemente sendo este período de vida o mais sensível.

4.10 LEIS AMBIENTAIS

A poluição da água é um problema mundial, e seu controle é um dos grandes desafios da gestão dos recursos hídricos. O desenvolvimento das cidades e o crescimento desordenado da população geram poluição e degradação dos corpos hídricos (FATMA, 1999 apud FUZINATTO, 2009). Essas degradações podem ser exemplificadas através da redução da biodiversidade aquática, erosão, despejos de resíduos agrícolas, descargas de substâncias tóxicas, comprometimento do abastecimento público tornando muito complexo o gerenciamento das águas (CLARKE; KING, 2005).

No intuito de diminuir os impactos da poluição e normalizar os diferentes usos da água, diversos governos em muitos países criaram leis ambientais que ditam conceitos e padrões a serem seguidos. A legislação ambiental criada no Brasil é uma das mais completas do mundo (MACHADO, 2002).

As leis ambientais são muito complexas, por isso para interpretá-las são necessários conhecimentos na área jurídica e técnica como a hidrologia, hidráulica, biologia, agronomia, geoprocessamento, topografia, geodésia. Dessa forma é fundamental que haja uma integração no trabalho dos diferentes profissionais para então se verificar a legalidade de uma atividade (WITTLER, 2008 apud FUZINATTO, 2009).

Após a Constituição Federal de 1988, foram promulgadas uma série de Leis, Decretos, Resoluções, Medidas Provisórias e Portarias. No ano de 1981 foi promulgada a Lei nº 6.938 que instituiu a Política Nacional do Meio Ambiente, e em 1997 a Lei Federal nº 9.433 que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Os objetivos definidos pela PNRH mostram a importância da qualidade da água em "assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos" (Art. 2º, Cap. II, Tit. I, Lei nº 9.433). Além disso, suas diretrizes dizem respeito "a gestão sistemática dos recursos hídricos; sem dissociação dos aspectos de quantidade e qualidade e a

integração da gestão dos recursos hídricos com a gestão ambiental" (Art. 3o, Cap. III, Tit. I, Lei nº 9.433).

No ano de 2005 foi criada a Resolução nº357 do CONAMA que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Segundo esta Resolução as águas doces são classificadas em Classe Especial, Classe 1, Classe 2, Classe 3 e Classe 4.

Fazem parte da Classe Especial, as águas destinadas ao abastecimento doméstico com desinfecção. Na classe 1 se enquadram as águas destinadas ao abastecimento doméstico após tratamento simplificado. Já na classe 2 e 3 são enquadradas as águas destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional, porém a de classe 2 pode ser destinada à recreação como natação mergulho e esqui aquático e a de classe 3 não pode, além disso, a de classe 3 pode ser destinada ao abastecimento doméstico após tratamento avançado também. Por fim, na classe 4 se incluem as águas destinadas à navegação, à harmonia paisagística e aquelas para usos menos exigentes.

No dia 25 de março de 2004 entrou em vigor a Portaria nº 518 que estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências.

Em relação à toxicidade da água, a lei mais importante que diz respeito a ela no Brasil é a Lei Federal de Recursos Hídricos nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997 (BRASIL, 1997).

A Política Nacional de Recursos Hídricos define em seus instrumentos , *“Na fixação dos valores a serem cobrados pelo uso dos recursos hídricos devem ser observados, dentre outros:*

I - nas derivações, captações e extrações de água, o volume retirado e seu regime de variação.

II - nos lançamentos de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, o volume lançado e seu regime de variação e as características físico-químicas, biológicas e de toxidade do afluente”. (Art. 21, Cap. IV, seção IV, Tit. I, Lei no 9.433/97) (BRASIL, 1997).

No artigo 2º da Resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005) os seguintes termos são definidos:

- efeito tóxico agudo: efeito deletério aos organismos vivos causado por agentes físicos ou químicos, usualmente letalidade ou alguma outra manifestação que a antecede, em um curto período de exposição;
- efeito tóxico crônico: efeito deletério aos organismos vivos causado por agentes físicos ou químicos que afetam uma ou varias funções biológicas dos organismos, tais como a reprodução, o crescimento e o comportamento, em um período de exposição que pode abranger a totalidade de seu ciclo de vida ou parte dele;
- ensaios ecotoxicológicos: ensaios realizados para determinar o efeito deletério de agentes físicos ou químicos a diversos organismos aquáticos;
- ensaios toxicológicos: ensaios realizados para determinar o efeito deletério de agentes físicos ou químicos a diversos organismos visando avaliar o potencial de risco a saúde humana;

Nesta mesma Resolução o artigo 8º determina que o dever de monitorar periodicamente os parâmetros de qualidade de água suspeitos de estarem presentes ou não é do poder público. Este monitoramento deverá ser analisado estatisticamente. Poderá também se utilizar de organismos e/ou comunidades aquáticas para avaliar a qualidade dos ambientes aquáticos. Além disso, deverão ser realizados testes ecotoxicológicos, toxicológicos ou outros métodos científicos caso alguma substância não listada nessa resolução ou interações entre as substâncias sejam passíveis de causar danos aos seres vivos.

Já o artigo 34º estabelece que os efluentes de qualquer fonte poluidora só poderão ser lançados caso obedeçam às condições e padrões previsto neste artigo, como não causar efeitos tóxicos aos organismos aquáticos no corpo receptor. Os critérios de toxicidade devem basear em resultados de ensaios ecotoxicológicos padronizados, utilizando organismos aquáticos e realizados no efluente.

De acordo com a Resolução, não devem ser verificados efeitos tóxicos crônicos aos organismos para ambientes de Água Doce, na classe especial, classe 1, classe 2 e classe 3. Nos ambientes de Água Salina e Salobra não devem ser verificados efeitos tóxicos crônicos aos organismos apenas na classe especial e na classe 1. Essas verificações devem ser comprovadas pela realização de ensaio ecotoxicológico padronizado ou outro método cientificamente conhecido.

Outra determinação é que em ambientes de Água Salina e Salobra na classe 2 não há necessidade de se fazer a verificação de efeito tóxico agudo a organismos. Essa comprovação deverá ser feita através da realização de ensaio ecotoxicológico padronizado ou outro método cientificamente reconhecido.

No Estado de Santa Catarina, a Portaria da FATMA, nº 017 do ano de 2002 (FATMA, 2002) estabelece os limites máximos de toxicidade aguda para o micro crustáceo *D. magna* para efluentes de diferentes origens.

Considerou-se o rio Cubatão do Sul como de Classe 2, tal consideração foi tomada tendo em vista a Resolução 001/2008 do CERH-SC (Conselho Estadual de Recursos Hídricos de Santa Catarina). Portanto, de acordo com que é estabelecido na Resolução nº357/2005, as águas de Classe 2 podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; a proteção das comunidades aquáticas; a recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000; a irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e a aquicultura e a atividade de pesca.

4.11 GEOPROCESSAMENTO

De acordo com Rodrigues (1993), Geoprocessamento é um conjunto de tecnologias de coleta, tratamento, manipulação e apresentação de informações espaciais utilizado para objetivo específico.

Um dos sistemas que compõem o Geoprocessamento são os Sistemas de Informações Geográficas (SIG), que permitem realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e gerar um banco de dados georreferenciados (CÂMARA e MEDEIROS, 1998).

O SIG é um sistema que inclui quatro elementos básicos que são os software, hardware, dados e profissionais. Este último é o mais importante pois sem pessoas adequadamente treinadas e com visão do contexto global, dificilmente seria realizado um projeto de (ROCHA, 2007).

Conforme Câmara e Medeiros (1998) as características principais de um SIG, são:

- Inserir e integrar, numa única base de dados, informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados censitários e cadastro urbano e rural, imagens de satélite, redes e modelos numéricos de terreno;
- Fornecer mecanismos que permitam a combinação de informações por meio de algoritmos de manipulação e análise, bem como para consultar, recuperar, visualizar e plotar o conteúdo da base de dados georreferenciada.

O SIG pode ser utilizado como suporte para análise espacial de fenômenos, como ferramenta para geração de mapas e como um banco de dados geográficos, com funções de armazenamento e recuperação de informação espacial (CÂMARA e MEDEIROS, 1998).

Existem inúmeras aplicações para os SIG's em diversos setores da atividade humana, que incluem temas como monitoramento de bacias hidrográficas, gestão das redes de distribuição de água e coleta de esgotos, monitoramento ambiental, mapeamento de solos, e outros (ROCHA, 2007).

Neste cenário, os mapas gerados através de SIG visam caracterizar e entender a organização do espaço, como base para o estabelecimento das ações e estudos futuros. No Brasil temas como o cadastro de esgoto, abastecimento de água e monitoramento ambiental poderiam ser levantados, já que o país é bastante deficiente nesses assuntos.

5 METODOLOGIA

5.1 ÁREA DE ESTUDO – RIO CUBATÃO DO SUL

O Rio Cubatão do Sul se localiza aproximadamente a 20 Km do município de Florianópolis, no Estado de Santa Catarina, entre os paralelos 27°35'46 "e 27°52'50" S e as longitudes 48°38'24 "e 49°02'24" W (CASAN, 2010).

A bacia hidrográfica do Rio Cubatão do Sul, abrange os municípios de Santo Amaro da Imperatriz, Águas Mornas e parte de São Pedro de Alcântara e Palhoça. Esta bacia faz parte da região hidrográfica do Litoral Centro (RH8) (CURTARELLI, 2009). Parte da bacia do rio Cubatão do Sul faz parte do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro.

O Rio Cubatão do Sul nasce da junção dos rios do Cedro e Bugres, no município de São Bonifácio. De acordo com a Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN, 2010), a bacia do Rio Cubatão do Sul é de importância estratégica para a região da Grande Florianópolis, pois nela se localizam o rio Vargem do Braço e o rio Cubatão, responsáveis em abastecer de água os municípios de Santo Amaro da Imperatriz, Palhoça, Florianópolis, São José e Biguaçu.

Os tipos de vegetação presente na bacia são a Vegetação Litorânea (manguezais e restingas), Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Mista, Matinha Nebular e Campos de Altitude. Todas pertencentes ao domínio da mata atlântica (CASAN, 2010).

Fazem parte da Bacia do Rio Cubatão do Sul 250 espécies de aves, mais de 40 espécies de mamíferos, uma grande variedades de répteis, anfíbios, peixes e invertebrados (CASAN, 2010).

Na bacia atividades como a retirada da mata ciliar, o despejo de esgoto doméstico, a extração de areia, a agricultura e a pecuária vem diminuindo a qualidade e quantidade de água (CASAN, 2010).

A Figura 5.1 a Figura 5.3 demonstram práticas que prejudicam a qualidade do rio Cubatão do Sul, como o despejo de esgoto doméstico no rio, o despejo de resíduo sólido no rio, e a retirada da mata ciliar para a criação de animais.



Figura 5.1 - Ligação de esgoto com destino para o Rio Cubatão do Sul
Fonte: (CASAN,2010)



Figura 5.2 - Presença de animais próximo ao rio Cubatão do Sul
Fonte: (CASAN, 2010)



Figura 5.3 - Despejo de resíduos sólidos próximo ao rio Cubatão do Sul
Fonte: (CASAN, 2010)

5.2 ELABORAÇÃO DOS MAPAS

Foi estruturado um banco de dados georreferenciados adquiridos gratuitamente no site da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI) como mostra a Tabela 5.1.

Tabela 5.1 - Estruturação do banco de dados

Banco de Dados (Formato shp.)
Unidades hidrográficas de Santa Catarina;
Regiões hidrográficas de Santa Catarina;
Remanescentes Mata Atlântica de Santa Catarina;
Carta topográfica 1:50000 Florianópolis;
Carta topográfica 1:50000 Paulo Lopes;
Carta topográfica 1:50000 Anitápolis;
Carta topográfica 1:50000 Santo Amaro da Imperatriz;
Carta topográfica 1:50000 Rancho Queimado;
Carta topográfica 1:50000 São Bonifácio.

Utilizando um SIG através do software ArcMap 9.2, que permite gerenciar bancos de dados georreferenciados e realizar análises espaciais e bases cartográficas digitais no formato vetorial shapefile (shp) e matricial raster (GRID/.tin) foram elaborados mapas referentes à bacia do Rio Cubatão do Sul tais como mapa de localização, da rede de drenagem, do modelo digital de elevação (MDE) e de vegetação.

Foram obtidas as características físicas da bacia do rio Cubatão do Sul tais como área, perímetro e comprimento do rio principal. Os limites da bacia hidrográfica do rio Cubatão do Sul foram definidos através dos limites das unidades hidrográficas de Santa Catarina.

5.3 AMOSTRAGEM

As coletas de amostras de água foram realizadas em quatro locais do Rio Cubatão do Sul, na nascente, no município de Águas Mornas, no município de Santo Amaro da Imperatriz e próximo a BR-101. Estes locais foram definidos de forma espacial de maneira a abranger as

diferentes ocupações ao longo do curso do Rio e são mostrados através da Figura 5.4 a Figura 5.11.



Figura 5.4- Estação Amostral 1-Rio Cubatão do Sul, SC -nascente do rio



Figura 5.5 – Foto a jusante da Estação Amostral 1



Figura 5.6 - Estação Amostral 2 (foto 1) - Rio Cubatão do Sul, SC -
Águas Mornas



Figura 5.7 - Estação Amostral 2 (foto 2) - Rio Cubatão do Sul, SC -
Águas Mornas



Figura 5.8 - Estação Amostral 3 (foto 1) - Rio Cubatão do Sul, SC - Santo Amaro da Imperatriz



Figura 5.9 - Estação Amostral 3 (foto 2) - Rio Cubatão do Sul, SC - Santo Amaro da Imperatriz



Figura 5.10 - Estação Amostral 4 (foto 1) - Rio Cubatão do Sul, SC - BR-101



Figura 5.11 - Estação Amostral 4 (foto 2)- Rio Cubatão do Sul, SC - BR-101

As coletas foram iniciadas no mês de fevereiro de 2011 e terminou no mês de junho. Após as coletas as amostras foram enviadas ao Laboratório Integrado de Meio Ambiente (LIMA) da Universidade Federal de Santa Catarina, onde foram feitas análises dos parâmetros

físico-químicos, e biológicos. Além disso, foram realizados testes de toxicidade aguda com *D. Magna* no laboratório de Toxicologia Ambiental (LABTOX) da USFC.

Os parâmetros temperatura e oxigênio dissolvido foram analisados in situ no mês de fevereiro e em laboratório nos meses de abril e junho.

A água foi coletada em uma garrafa Pet e mergulhada de forma que o bico estivesse apontado contra a correnteza e a uma profundidade de no mínimo 20 cm. Foram utilizadas luvas de borracha para a coleta.

5.4 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E BIOLÓGICAS

A Tabela 5.2 e Tabela 5.3 apresentam os parâmetros medidos durante as coletas de água superficial no presente estudo.

Tabela 5.2 – Unidades e métodos de análise dos parâmetros físico-químicos.

PARÂMETROS	UNIDADES	MÉTODO DE ANÁLISE
Temperatura	°C	Termômetro
pH	Unidades de pH	pHmetro portátil
Oxigênio Dissolvido	mg/L	Oxímetro Portátil
Turbidez	NTU	Nefelométrico utilizando um Turbidímetro de bancada HACH® modelo 2100N
Sólidos Totais	mg/L	seco a 103°C - 105 °C – Standard Methods 2540 B. (APHA, 1998)
DBO ₅	mg/L	Manométrico (APHA, 1998)
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	Colorimétrico de Nessler (APHA,1998)
Nitrito	mg/L	Colorimétrico da Alfaftilamina – (APHA, 1998)
Nitrato	mg/L	Colorimétrico da Brucina
Fósforo Total	mg/L	Colorimétrico do ácido Vanadomolybdofosfórico (APHA,1998)

Tabela 5.3 – Unidade e método de análise do parâmetro biológico

PARÂMETRO	UNIDADE	MÉTODO DE ANÁLISE
Coliformes Fecais	NMP/100mL	Método do Substrato Cromogênico MUG-ONPG Colilert®

5.5 TESTES TOXICOLÓGICOS

Foram realizados testes toxicológicos utilizando como organismo-teste o micro crustáceo *D. magna*.

5.5.1 Testes de toxicidade aguda com *Daphnia magna*

A metodologia utilizada para a realização do teste de toxicidade aguda utilizando *D. magna* como organismo-teste é descrita na NBR 12.713 (ABNT, 2003a).

As amostras de água coletadas em cada ponto de coleta foram testadas, expondo filhotes de *D. magna* em diferentes diluições por 48 horas, sendo que nas primeiras 24 horas foram feitas as primeiras observações de imobilidade/mortalidade.

Para o preparo das diluições utilizou-se o meio ISO, descrito na norma ISO 6341, que permaneceu aerado por pelo menos 12 horas para a estabilização dos sais, saturação do oxigênio dissolvido e estabilização do pH.

Foram feitas quatro diluições contendo 25 ml da solução-teste, e dois controles de 25 ml contendo apenas o meio ISO. Tanto as diluições quanto os controles foram armazenados em béqueres de vidro de 50 mL. Os fatores de diluição utilizados foram 1,2,4,8 correspondendo a 100%, 50%, 25% e 12,5% de amostra em cada diluição. Cada béquer recebeu 10 filhotes como mostra a Figura 5.12.

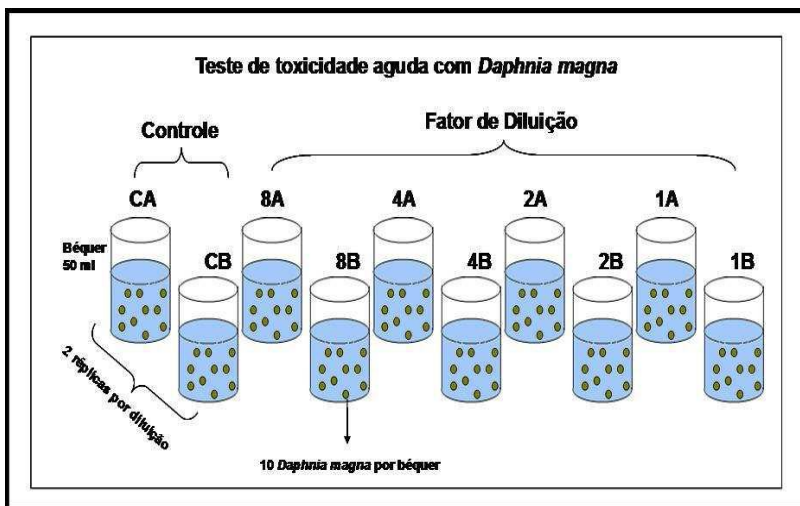


Figura 5.12 - Esquema do teste de toxicidade aguda com *Daphnia magna* (FUZINATTO, 2009)

A ordem estabelecida para preparação do teste agudo foi dada a partir da menor concentração de amostra para a maior concentração de amostra, e foi iniciada pela preparação do controle. Durante o período de duração do teste agudo (48 horas) os organismos foram mantidos em incubadora com temperatura controlada de aproximadamente 20°C sem iluminação e alimentação.

No final do teste observou-se o número de indivíduos imóveis/mortos por concentração, permitindo calcular a imobilidade de indivíduos por concentração, que é expresso em CE_{50,48h} (Concentração Efetiva), o que corresponde à concentração da amostra que causa efeito agudo (imobilidade/morte) em 50% dos organismos testados expostos 48 horas na solução-teste.

5.6 CÁLCULO DO IQA

O IQA-NSF, modificado pela CETESB, é calculado pelo produto ponderado das qualidades de água correspondentes aos parâmetros: Temperatura, pH, Turbidez, Sólidos Totais, Fósforo Total, Nitrogênio Total, DBO₅, Oxigênio Dissolvido e Coliformes Fecais. Para isto a equação (1) é utilizada:

$$\text{IQA-NSF} = \sum_{i=1}^n q_i w_i \quad (1)$$

Onde:

IQA-NSF – Índice de Qualidade da Água (um número entre 0 e 100);

q_i – qualidade do i -ésimo parâmetro (um número entre 0 e 100), obtido da respectiva “curva média de variação de qualidade”, em função da sua concentração ou medida;

w_i – peso correspondente ao i -ésimo parâmetro (um número entre 0 e 1) atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade, sendo que equação (2):

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad (2)$$

No qual n é igual ao número de parâmetros utilizados no cálculo do IQA, ou seja, 9.

Na Tabela 5.4 são apresentados os parâmetros utilizados para o cálculo do IQA e seus respectivos pesos.

Tabela 5.4 - Parâmetros e pesos relativos ao IQA

Parâmetros	Pesos Relativos
Temperatura	0,10
pH	0,12
Turbidez	0,08
Oxigênio Dissolvido	0,17
DBO ₅	0,10
Nitrogênio Total	0,10
Fósforo Total	0,10
Sólidos Totais	0,08
Coliformes Fecais	0,15

No caso de não se dispor do valor de algum dos parâmetros, o cálculo do IQA é inviabilizado.

A classificação da qualidade da água segundo IQA é realizada através dos critérios citados na Tabela 5.5.

Tabela 5.5 - Classificação da qualidade das águas

Categoria	Ponderação
Ótima	$79 < IQA \leq 100$
Boa	$51 < IQA \leq 79$
Regular	$36 < IQA \leq 51$
Ruim	$19 < IQA \leq 36$
Péssima	$IQA \leq 19$

Fonte: CETESB,2010^b

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 MAPAS DA BACIA DO RIO CUBATÃO DO SUL

São apresentados na Figura 6.1 a Figura 6.4 os mapas elaborados através do software ArcMap 9.2

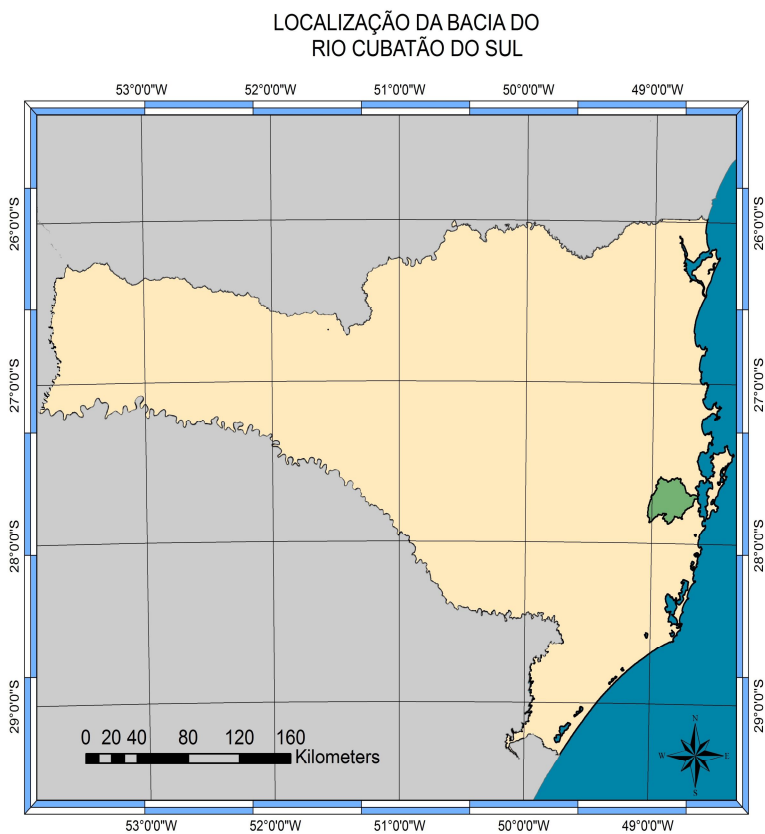


Figura 6.1 - Mapa de localização da Bacia do Rio Cubatão do Sul
Fonte: EPAGRI/CIRAM- adaptado por Gustavo Jihad Achcar

De acordo com o mapa de localização, observa-se a grandeza da bacia do rio Cubatão do Sul e sua proximidade com o município de Florianópolis.

VEGETAÇÃO DA BACIA DO RIO CUBATÃO DO SUL

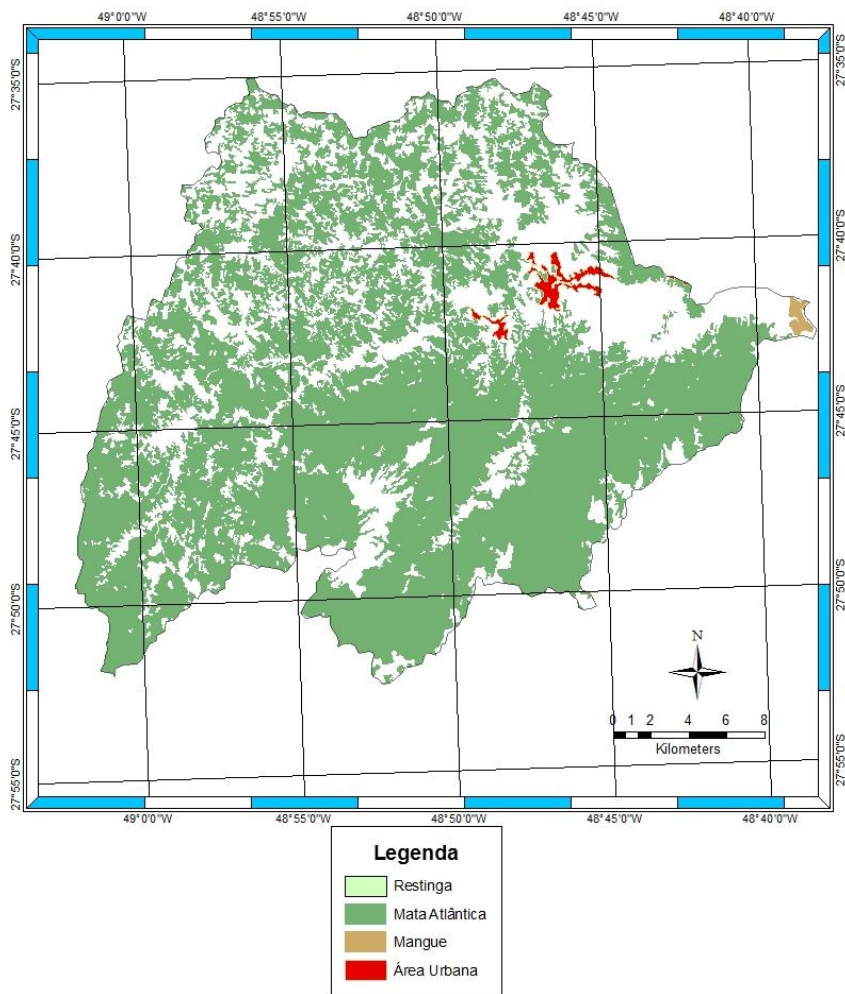


Figura 6.2 - Remanescentes da Mata Atlântica na Bacia do Rio Cubatão do Sul

A Figura 6.2 mostra a vegetação de Mata Atlântica da Bacia do rio Cubatão do Sul. Próximo a foz forma-se um ecossistema de manguezal. No interior da Bacia forma-se o ecossistema de Floresta Ombrófila Densa sendo que nas regiões mais altas das encostas forma-se o ecossistema de Floresta Ombrófila Mista, e por fim nas nascentes do rio Cubatão do Sul principalmente nas partes mais altas do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro formam-se ecossistemas de Matinha Nebular e Campos de Altitude (CASAN, 2010).

Foi observado que as amostras coletadas no ponto 3 e 4 mais próximas de áreas urbanas representadas no mapa de vegetação da bacia do rio Cubatão do Sul, apresentaram-se mais turvas como foi observado nas coletas realizadas, ou seja, influenciam na qualidade da água.

A Tabela 6.1 mostra as características da bacia do rio Cubatão do Sul, obtidas a partir do software ArcMap 9.2 utilizando uma de suas ferramentas.

Tabela 6.1 - Características da bacia do Rio Cubatão do Sul

Área da Bacia (Km ²)	743,42
Perímetro (Km)	160,32
Comprimento do rio principal (Km)	52,15

A rede de drenagem da bacia do rio Cubatão do Sul é apresentada pela Figura 6.3

MAPA DA REDE DE DRENAGEM - Bacia do rio Cubatão do Sul

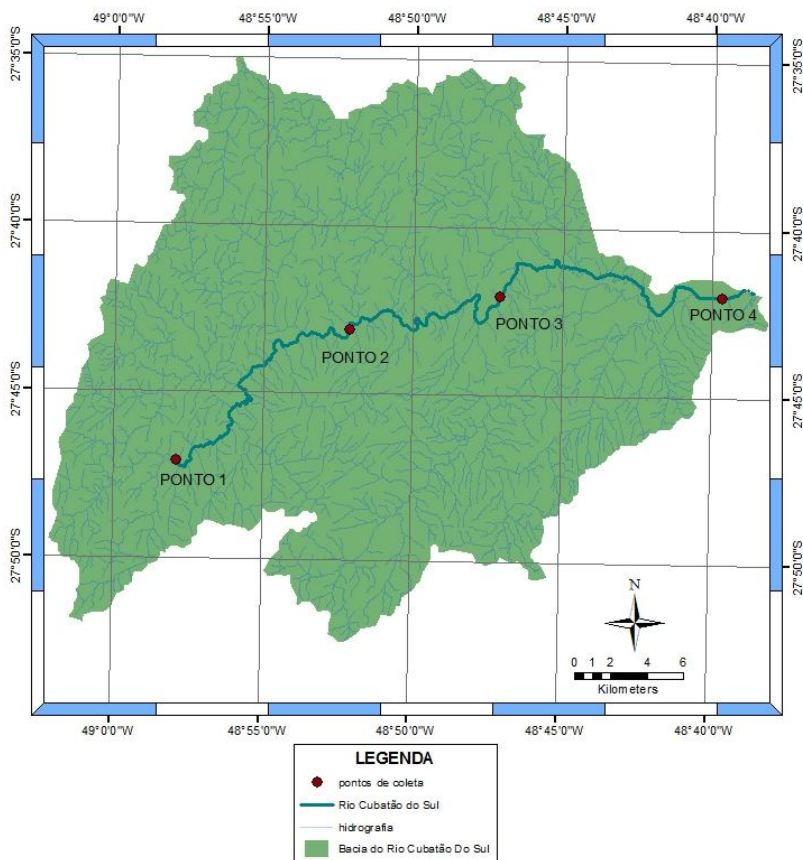


Figura 6.3 - Rede de Drenagem da bacia do rio Cubatão do Sul
Fonte: EPAGRI/CIRAM- adaptado por Gustavo Jihad Achcar

O mapa da rede de drenagem da bacia do rio Cubatão do Sul mostram os pontos de coleta das amostras. Observa-se que os pontos foram distribuídos de forma a abranger diversas ocupações ao longo do rio.

O modelo digital de elevação (MDE) é apresentado pela Figura 6.4.

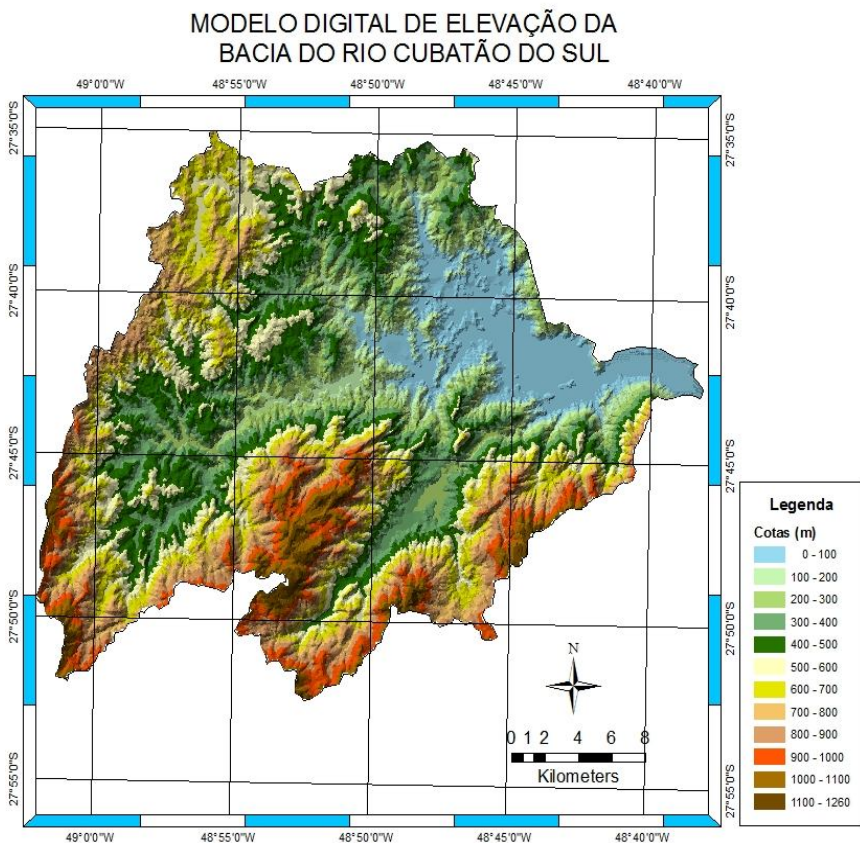


Figura 6.4 - Modelo Digital de Elevação da Bacia do rio Cubatão do Sul
Fonte: EPAGRI/CIRAM- adaptado por Gustavo Jihad Achcar

Nota-se que o pico mais alto da bacia não passa dos 1260m de altura em relação ao nível do mar. Os locais próximos a nascente que possuem uma maior altitude, não são muito ocupados, e conseqüentemente a qualidade da água do rio nesses locais é melhor.

6.2 AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E BIOLÓGICOS DA ÁGUA DO RIO CUBATÃO DO SUL.

Os resultados obtidos pelas análises da água coletada no rio Cubatão do Sul nos quatro pontos amostrais, durante o período de fevereiro a junho, são demonstrados a seguir.

A temperatura da água é uma característica física que afeta a qualidade desta. De acordo com Derisio (2007) o aumento da temperatura implica na maior movimentação dos seres aquáticos que por sua vez aumenta o consumo de oxigênio dissolvido. Além disso, a temperatura é inversamente proporcional a solubilidade dos gases na água.

Vários fatores influenciam a temperatura superficial tais como a altitude, latitude, estações do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade. A temperatura em um corpo d'água pode aumentar devido a despejos industriais e usinas termoeletricas (CETESB, 2010^a).

Os resultados das análises da temperatura são apresentados no Gráfico 6.1.

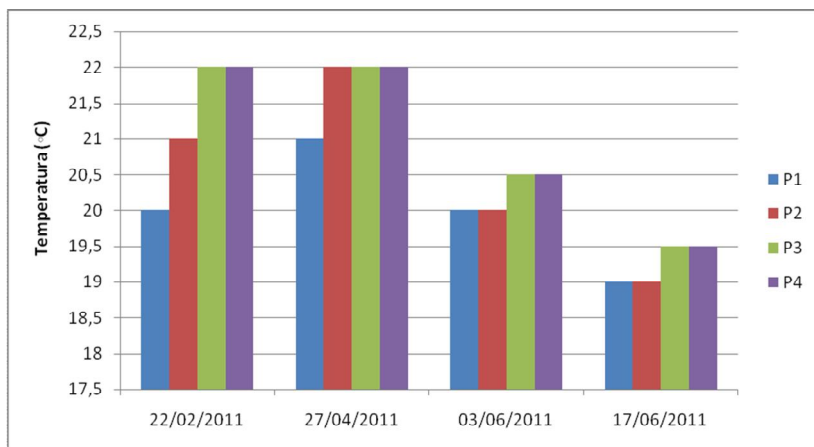


Gráfico 6.1 - Variação da temperatura nos pontos de coleta

Os pontos 1 e 2, mais próximos a nascentes, tiveram temperatura inferior aos pontos mais distantes, 3 e 4. Nos meses de fevereiro e abril,

foram registradas temperaturas superiores ao mês de junho, conforme as estações do ano.

O ponto 1 foi o que menos apresentou variação na temperatura no decorrer dos meses, seguido pelo ponto 2 e depois o ponto 3 e 4 que tiveram maiores variações.

A alteração do pH pode ser provocado por despejos de esgoto doméstico, industrial e outras causas de origens naturais e segundo Derisio (2007) os organismos aquáticos estão adaptados a condições de neutralidade, e caso haja mudanças bruscas de pH estes organismos podem desaparecer. Ainda segundo o mesmo, o pH influencia no grau de solubilidade de diversas substâncias, além de definir o potencial de toxicidade de vários elementos.

Os resultados das análises de pH são apresentados no Gráfico 6.2.

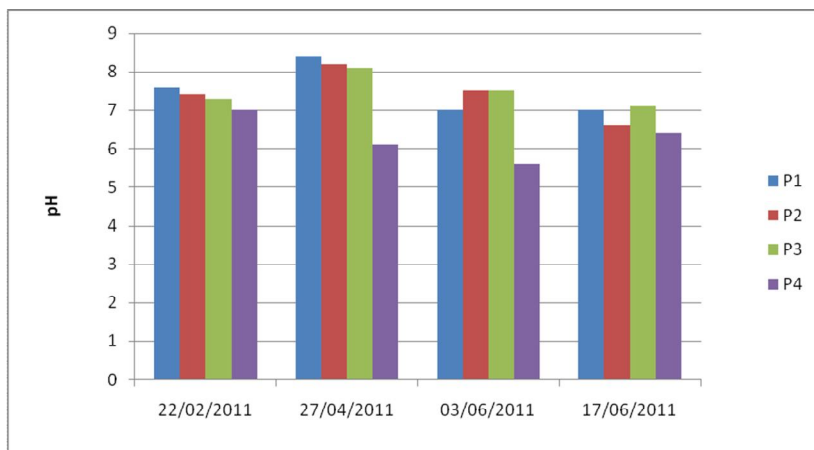


Gráfico 6.2 - Variação do pH nos pontos de coleta

Nas análises dos meses de fevereiro e abril o pH decresceu em direção a foz, no entanto, nos meses de junho isso não aconteceu, já que os valores de pH do ponto 1 foram menores que os do ponto 3.

O ponto 4 foi o que apresentou os menores valores de pH , podendo indicar uma maior ocorrência de oxidação da matéria orgânica provinda de esgoto doméstico ou de despejos industriais.

Na maioria dos casos, os valores de pH, apresentaram condições básicas, e muito próximas da neutralidade.

A resolução CONAMA nº357 (BRASIL, 2005) estabelece para corpos de água doce classe 2 que o pH deve oscilar entre 6 e 9. Os valores de pH se encontram na faixa de valores estabelecido por essa resolução, com exceção da amostra coletada no ponto 4, no dia 03 de junho, pois apresentou um valor de 5,6.

A turbidez representa o grau de interferência com a passagem de luz através da água. Os sólidos em suspensão são os responsáveis pela turbidez (SPERLING, 2005).

A presença de turbidez pode ocorrer de forma natural, através da erosão, e de forma artificial por despejos de esgotos domésticos e industriais (DERÍSIO, 2007).

Os resultados das análises de turbidez são apresentados no Gráfico 6.3.

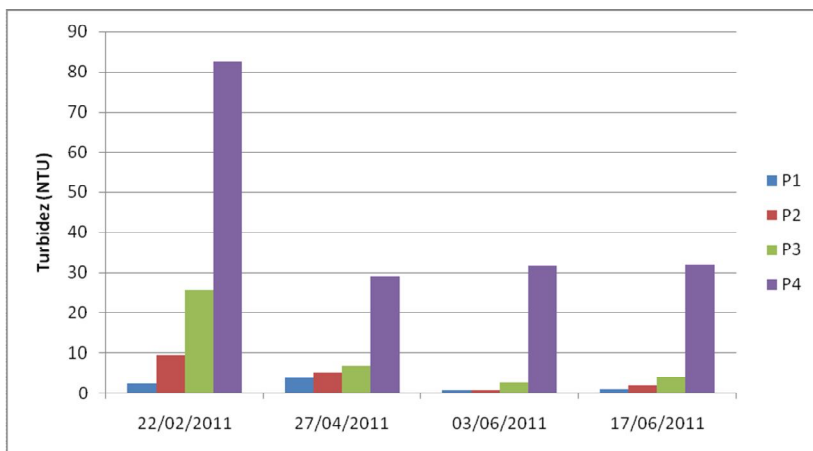


Gráfico 6.3 - Variação da turbidez nos pontos de coleta

Foi observado que os valores de turbidez sofreram elevação em direção a foz.

Na primeira coleta, ocorrida em fevereiro, observa-se que os valores encontrados na sua maioria foram os maiores. Isso pode ter ocorrido, pois, foi um período de muita chuva, aumentando a erosão do solo e levando muito material sólido para o rio.

Não houve registros de muita chuva nas datas em que foram realizadas as outras coletas, o que pode ser observado pelos valores de turbidez obtidos, que em sua maioria foram menores que os da primeira.

A Resolução do CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005), estabelece o limite de até 100 UNT de turbidez para águas doces de classe 2. Dessa forma todos os valores de turbidez obtidos são inferiores ao limite estabelecido pela resolução, estando dentro dos padrões.

Já a Portaria nº 518 de 25/03/2004 do Ministério da Saúde determina que a água potável deva estar em conformidade com os padrões de aceitação para o consumo humano, não devendo ultrapassar o valor de 5,0 UNT (BRASIL, 2004).

A quantidade de Sólidos Totais na água pode estar relacionada com os escoamentos superficiais de áreas urbanas e agrícolas, erosão do solo e despejos de esgotos domésticos e industriais.

Os resultados das análises de Sólidos Totais são apresentados no Gráfico 6.4.

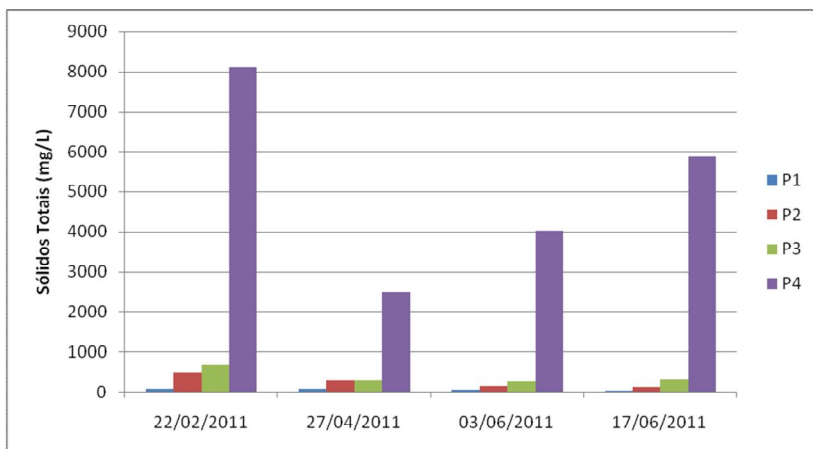


Gráfico 6.4 - Variação de Sólidos Totais nos pontos de coleta

Observou-se que a concentração de Sólidos Totais aumentou em direção à foz. Além disso, no mês de fevereiro as amostras coletadas nos pontos apresentaram uma maior concentração de sólidos totais, tal fato pode ser explicado pelo aumento significativo de despejos de esgoto doméstico, por ser um período de alta temporada, no entanto, o ponto 1 não sofreu essa influência. Houve também bastante chuva, ocasionando um maior despejo de matéria orgânica no rio, devido ao aumento na erosão das encostas dos morros e das margens de rios.

Nos meses de abril e junho não houve grande concentração de Sólidos Totais, pois foi um mês de baixa temporada e de pouca chuva.

O ponto 4 foi o local que apresentou a maior quantidade de sólidos totais, isso pôde ter ocorrido, pois, grande parte da matéria orgânica despejada no rio foi levada pelas águas nesse ponto.

A Resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005) estabelece um limite máximo de 500 mg/L de Sólidos Totais para ambientes água doce classe 2. O ponto 3 e o ponto 4 se encontram fora deste limite.

O oxigênio é de fundamental importância para os seres vivos aeróbios, e segundo Derisio (2007), sua concentração varia principalmente com a temperatura e com a altitude. Uma das principais causas da redução da concentração de oxigênio num corpo d'água são os despejos de origem orgânica.

Os resultados das análises de oxigênio dissolvido são apresentados no Gráfico 6.5.

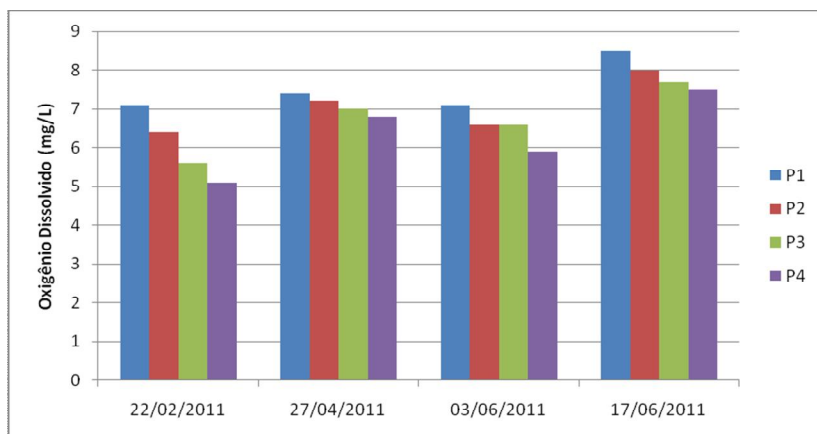


Gráfico 6.5 - Variação de OD nos pontos de coleta

Pode-se observar que a concentração de oxigênio dissolvido diminui em direção a foz, portanto, o ponto 4 foi o local que apresentou a menor concentração de oxigênio dissolvido. Uma das prováveis causas seriam a menor altitude, a maior temperatura do local que diminui a solubilidade dos gases, e a maior quantidade de matéria orgânica, favorecendo as bactérias aeróbias que consomem o oxigênio presente na água.

As menores concentrações de oxigênio dissolvido ocorreram no mês de fevereiro, isso pode ser explicado pelo aumento significativo de despejos de esgoto doméstico ocorrido na alta temporada ou pela alta temperatura que influencia na solubilidade do oxigênio. Nos meses de abril e junho, houve um aumento na concentração do oxigênio dissolvido.

A Resolução do CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005), estabelece para águas doces de classe 2 que a concentração de oxigênio dissolvido não deve ser inferior a 5mg/L. Dessa forma, constata-se que todos os pontos de coleta do rio, estão de acordo com a Resolução.

A DBO é quantidade de oxigênio necessária para a oxidação da matéria orgânica, pela ação de bactérias. Segundo Derisio (2007) os maiores aumentos na DBO em um corpo d'água se devem aos despejos de origem orgânica.

Os resultados das análises de DBO₅ são apresentados no Gráfico 6.6.

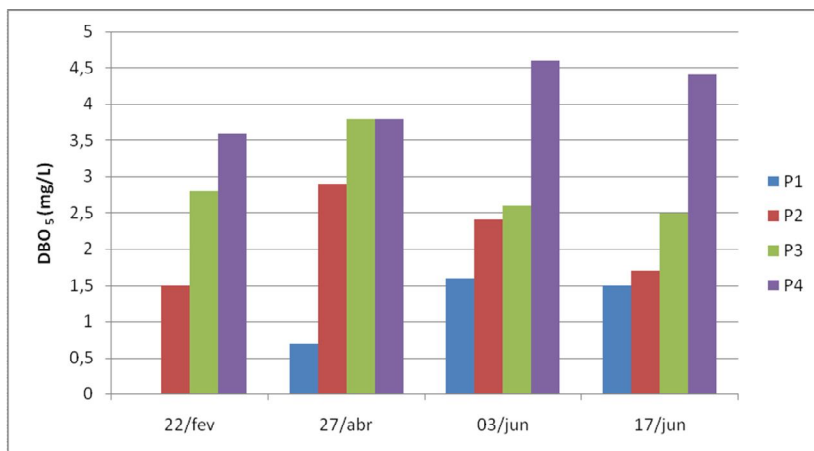


Gráfico 6.6 - Variação da DBO₅ nos pontos de coleta

Foi observado nos resultados de DBO₅, que ela aumentou em direção à foz.

O ponto 4 foi o local que apresentou o maior valor de DBO₅ em todas as análises, isso pode ser justificado pela maior quantidade de matéria orgânica presente.

A Resolução nº357, estabelece que para as águas doces de classe 2, o valor de DBO_5 não deve ser superior a 5mg/L. Portanto todos os pontos, se enquadram neste requisito.

Os resultados das análises de Fósforo Total são apresentados no Gráfico 6.7.

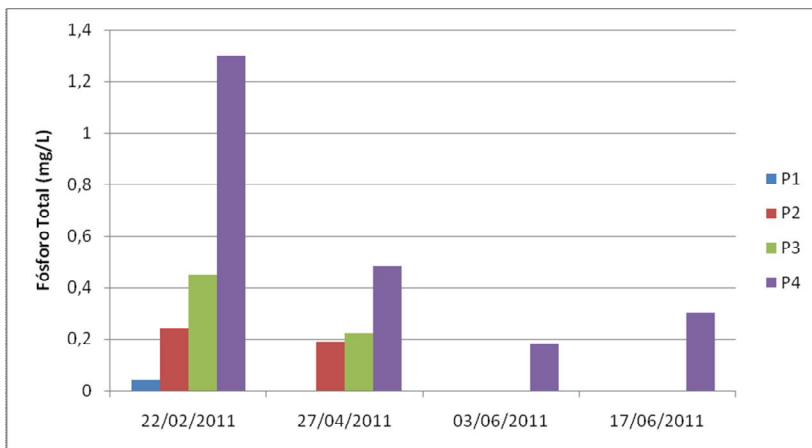


Gráfico 6.7 - Variação do Fósforo Total nos pontos de coleta

Como foi observado os valores de Fósforo Total foram aumentando em direção a foz.

No período de fevereiro os valores encontrados para Fósforo Total foram os maiores, o que pode ter ocorrido pela influencia da alta temporada, que aumentou o despejo de esgoto doméstico ao rio.

A Resolução do CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005), estabelece para águas doces de classe 2, que a concentração de fósforo total para ambientes lóticos não deve ultrapassar 0,1 mg/L. Dessa forma apenas o ponto 1, esta em acordo com a Resolução citada anteriormente.

A amônia é uma forma reduzida do nitrogênio predominante em águas de alcalinidade elevada e tóxica para a maioria dos peixes (LIBÂNIO, 2008).

Os resultados das análises de Amônia são apresentados no Gráfico 6.8.

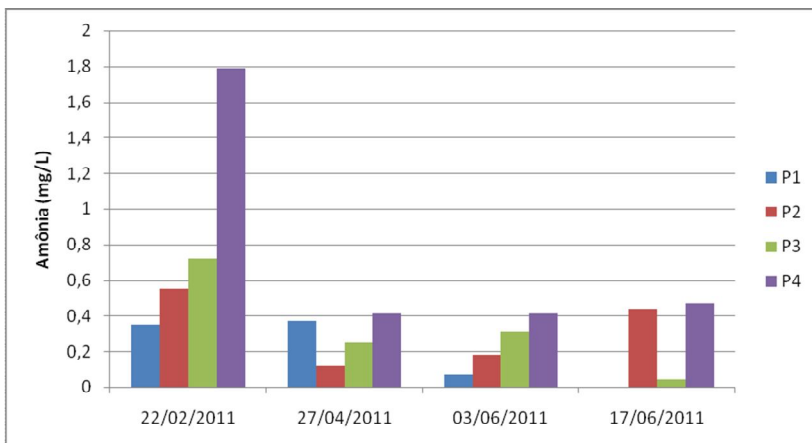


Gráfico 6.8 - Variação da Amônia nos pontos de coleta

Como foi observado os valores de Amônia foram aumentando em direção a foz.

No período de fevereiro os valores encontrados para Amônia foram os maiores, o que pode ter ocorrido pela influencia da alta temporada, que aumentou o despejo de esgoto doméstico ao rio.

Além disso, o nitrogênio amoniacal não deve ultrapassar 3,7 mg/L para $\text{pH} \leq 7,5$; 2mg/L para $7,5 < \text{pH} \leq 8,0$ e 1mg/L para $8,0 < \text{pH} \leq 8,5$. Portanto, todos se enquadram nos limites estabelecidos pela Resolução.

A Portaria nº 518 de 25/03/2004 do Ministério da Saúde determina que a água potável deva estar em conformidade com os padrões de aceitação para o consumo humano, não devendo ultrapassar a concentração de 1,5 mg/L de amônia (BRASIL, 2004), com isso apenas a amostra no ponto 4 coletada em fevereiro ultrapassa o valor da concentração estabelecida pelo Ministério da Saúde através da Portaria nº518.

O nitrato é a forma oxidada do nitrogênio e é um importante indicador de poluição por esgotos domésticos (LIBÂNIO, 2008).

Os resultados das análises de Nitrato são apresentados no Gráfico 6.9.

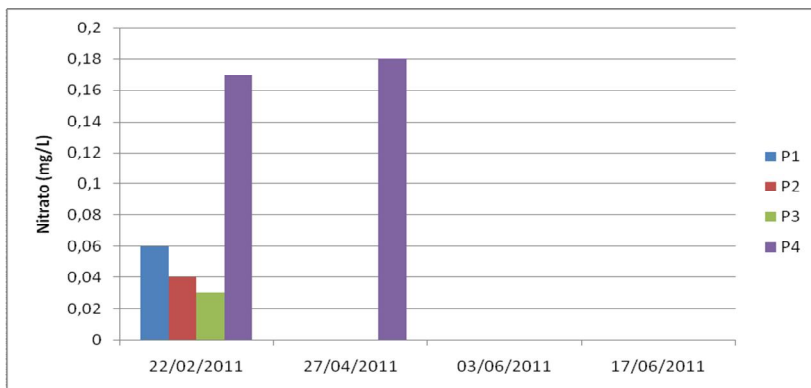


Gráfico 6.9 - Variação do Nitrato nos pontos de coleta

Como foi observado os valores de Nitrato foram aumentando em direção a foz, apenas nas amostras coletadas no mês de fevereiro, pois nos outros meses o resultado para nitrato foram iguais a zero para todos os pontos de coleta. Isso pode ter acontecido pela influência da alta temporada, que aumentou o despejo de esgoto doméstico no rio.

A Resolução do CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005), estabelece para águas doces de classe 2, que a concentração de nitrato não deve ultrapassar 10mg/L. Dessa forma todos os pontos analisados em todos os períodos estão em acordo com a legislação.

O nitrito é a forma intermediária e instável da oxidação da Amônia (LIBÂNIO, 2008).

Os resultados das análises de Nitrito são apresentados no Gráfico 6.10.

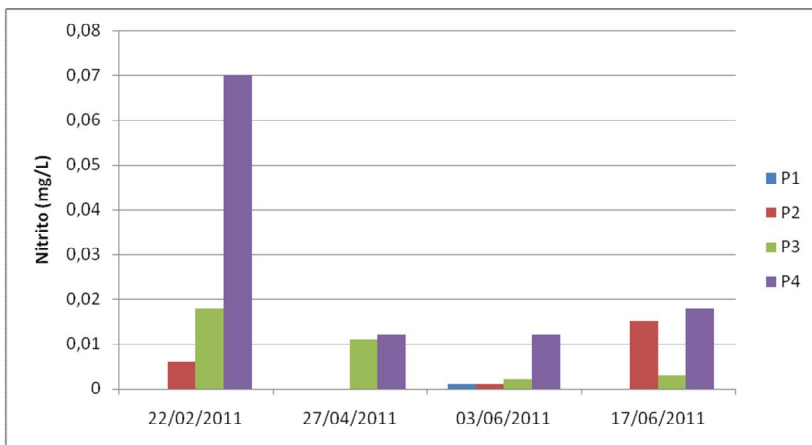


Gráfico 6.10 - Variação do Nitrito nos pontos de coleta

Foi observado que a concentração de Nitrito aumenta em direção à foz.

O período de fevereiro foi o que mais teve nitrito, fato que pode ter sido influenciado pela alta temporada que aumentou o despejo de esgoto doméstico ao rio

A Resolução do CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005), estabelece para águas doces de classe 2, que a concentração de nitrito não deve ultrapassar 1mg/L. Dessa forma, todos os pontos em todos os períodos analisados estão em acordo com a legislação.

Na avaliação de qualidade das águas a utilização de indicadores biológicos de contaminação é de grande importância. As bactérias do grupo coliforme são consideradas os principais indicadores de contaminação fecal e são amplamente utilizadas como indicador de poluição sanitária (CETESB, 2010^a).

Segundo a Resolução CONAMA nº 274 de 2000, coliformes fecais são definidos como sendo bactérias pertencentes ao grupo dos coliformes totais caracterizadas pela presença da enzima β -galactosidase e pela capacidade de fermentar a lactose com produção de gás em 24 horas à temperatura de 44-45°C em meios contendo sais biliares ou outros agentes tenso-ativos com propriedades inibidoras semelhantes. Estão presentes em fezes humanas e de animais, solos, plantas ou qualquer efluente contendo matéria orgânica.

Os resultados das análises de coliformes são apresentados no Gráfico 6.11.

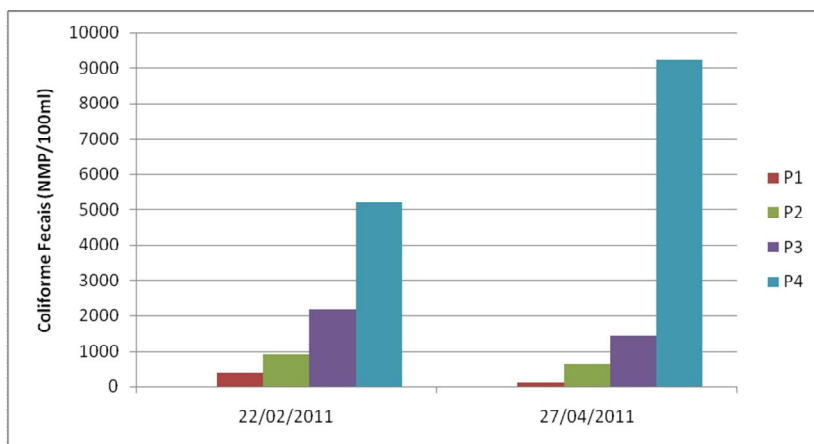


Gráfico 6.11 - Variação de coliformes Fecais nos pontos de coleta

Foi observado que os valores de coliformes fecais, em geral, foram aumentando em direção a foz.

Como foi observado no Gráfico 6.11 que os maiores valores de coliformes fecais se encontram nas amostras do dia 22/02/2011, com exceção da coleta feita no ponto 4. Isto pode ter ocorrido devido ao período de alta temporada que influenciou no aumento significativo de despejos de esgoto doméstico no rio.

A Resolução CONAMA nº357 estabelece para águas doce classe 2 que o NMP/100ml de coliformes fecais não deve ultrapassar o limite de 1000 coliformes fecais por 100 ml. Dessa forma os pontos 1 e 2 estão em acordo com o limite estabelecido, já os pontos 3 e 4 não estão.

Podemos verificar que em todos os pontos tem coliformes fecais, que podem ter sua origem, pelo esgoto doméstico que é despejado no rio pelas casas do entorno, e também pelos animais que habitam o local. O ponto 4 é o que possui maior quantidade de coliformes fecais, já que, recebe maior quantidade de matéria orgânica provinda principalmente do despejos de esgotos domésticos.

6.3 RESULTADOS DO IQA

Muitas pessoas ao se depararem com valores de concentração de poluentes nos corpos d'água não vêem tanto significado. Por isso, adotou-se o índice de qualidade de água (IQA) para retratar da água nos pontos de monitoramento (SPERLING, 2005).

Portanto, a partir das análises dos parâmetros de qualidade de água das amostras de água coletadas em 4 pontos do rio Cubatão do Sul, foi calculado o IQA. Para a obtenção do Nitrogênio Total, foram somados os valores de amônia, nitrito e nitrato para cada amostra.

Os resultados do cálculo do IQA são mostrados na Tabela 6.2 e Tabela 6.3. Os parâmetros de coliformes fecais foram analisados somente nas duas primeiras coletas, por isso obteve-se apenas dois IQA.

Tabela 6.2 – IQA das amostras coletadas em FEV/11

Resultados de Fevereiro de 2011		
Pontos de coleta	IQA	Classificação
1	75	Boa
2	60	Boa
3	51	Regular
4	39	Regular

Tabela 6.3 - IQA das amostras coletadas em ABRIL/11

Resultados de Abril de 2011		
Pontos de coleta	IQA	Classificação
1	77	Boa
2	65	Boa
3	61	Boa
4	46	Regular

Podemos observar que os resultados do IQA mostram que a classificação do rio ficou entre Boa e Regular.

Houve uma mudança na classificação do ponto 3, que em fevereiro era classificado como Regular e depois passou a ser Boa. Isso pode ter acontecido pela alta temporada, que influencia na quantidade de esgoto despejado no rio; quantidade de precipitação, e a temperatura.

Outra observação é que em valores absolutos, o IQA calculado em abril aumentou para todos os pontos analisados.

6.4 AVALIAÇÃO DOS TESTES DE TOXICIDADE AGUDA

Foram realizados testes de toxicidade aguda nas amostras coletadas nos 4 pontos, situados no rio Cubatão do Sul, nos meses de fevereiro, abril e junho.

Os testes de toxicidade realizados em todas as amostras de água superficial coletadas nos pontos situados no Rio Cubatão do Sul não apresentaram toxicidade aguda.

Resultados similares de ausência de toxicidade aguda em amostras de água superficial de rios foram reportados por Monteiro et al. (2004), em estudo realizado em amostras de água superficial do Rio Corumbataí – SP. Neste estudo foram realizados diversos testes toxicológicos, entre estes testes a toxicidade aguda para *D. magna* foi avaliada e não foi verificado efeito tóxico nas amostras de água superficial de 7 estações amostrais localizadas ao longo do curso de água citado anteriormente.

7 CONCLUSÕES

Em relação à elaboração dos mapas da bacia do Rio Cubatão do Sul, conclui-se que o software ArcMap 9.2 é uma boa ferramenta, sendo de fácil utilização, apresentando um grande numero de ferramentas para análises espaciais e permitindo que se façam mapas que ajudam na caracterização do local.

A base de dados disponível gratuitamente por órgãos públicos como na mapoteca digital do Estado de Santa Catarina (EPAGRI /CIRAM), são muito úteis para os usuários de SIG.

Em relação à avaliação dos parâmetros físico-químicos das amostras de água superficial conclui-se que no geral houve um aumento nos parâmetros Temperatura, Turbidez, Sólidos Totais, DBO₅, Fósforo Total, Amônia, Nitrito e Nitrato ao longo do rio, porém, a concentração de Oxigênio dissolvido e o pH diminuíram.

Na primeira fase de coleta, as amostras dos pontos 3 e 4 ultrapassaram o limite de Sólidos Totais estabelecidos pela Resolução que é de 500mg/L. Em relação a Fósforo Total, as amostras dos pontos 2, 3 e 4, estão em desacordo com a mesma Resolução citada anteriormente, pois ultrapassam o limite de 0,1mg/L.

Na segunda fase, apenas a amostra do pontos 4 ultrapassou o limites de Sólidos Totais estabelecidos pela Resolução CONAMA nº357/05 que é de 500mg/L. Em relação a Fósforo Total, as amostras dos pontos 2, 3 e 4, estão em desacordo com a mesma Resolução citada anteriormente, pois ultrapassam o limite de 0,1mg/L.

Na terceira fase, apenas o ponto 4 ultrapassou os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº357/05 em relação ao pH que devem estar na faixa entre 6 e 9. Os valores encontrados para a amostra do ponto 4 de Sólidos Totais e Fósforo Total, também ultrapassaram os limites.

Na quarta fase, o ponto 4 ultrapassou os limites de Sólidos Totais e Fósforo Total estabelecidos pela Resolução CONAMA nº357/05.

Já os Coliformes Fecais das amostras de água superficiais aumentaram em direção à foz, e foram detectados em todas as amostras. Estas ocorrências devem-se a presença de animais, visto que nos locais predominam pastagens, culturas de hortaliças e frutas, e a mata nativa.

Além da presença de animais, nas proximidades do rio, outro ponto que deve ser levado em conta, é o despejo de esgoto doméstico in natura pelas casas do entorno, que foram maiores na primeira fase de

coleta, coincidindo com a temporada de verão. Nessa fase, o ponto 3 e o ponto 4 não estiveram em acordo com a Resolução CONAMA nº357/05. Na segunda fase os pontos 3 e 4 permaneceram em desacordo com a Resolução citada anteriormente.

Para que sejam mantidas as características previstas no enquadramento do Rio Cubatão do Sul, algumas medidas devem ser tomadas, como a implantação de rede de esgoto para atender as economias das regiões de São Bonifácio, Águas Mornas, Santo Amaro da Imperatriz e Palhoça, a fiscalização das ligações irregulares de esgoto doméstico na rede pluvial, e a educação ambiental da comunidade local.

Estas medidas auxiliam na preservação da água do Rio Cubatão do Sul, garantindo seus usos e preservando a saúde da população.

Em relação ao índice de qualidade de água do rio Cubatão do Sul, houve uma diminuição da qualidade de água em direção a foz. No entanto, se compararmos o IQA de abril com o de fevereiro pode-se notar um aumento.

Os parâmetros Coliformes Fecais, Fósforo Total, Sólidos Totais e Oxigênio Dissolvido foram determinantes para o aumento do IQA do ponto amostral 1. Para o ponto 2, os parâmetros que mais influenciaram no aumento do IQA foram os Coliformes Fecais, pH, Fósforo Total, Turbidez, Sólidos Totais, e Oxigênio dissolvido. Em relação ao ponto 3, os parâmetros que mais influenciaram foram os Coliformes Fecais, Nitrogênio Total, Fósforo Total, Sólidos Totais e Oxigênio Dissolvido. Já o ponto 4 teve seu IQA melhorado, devido à influência principalmente dos parâmetros Nitrogênio Total, Fósforo Total e Oxigênio Dissolvido. Observa-se que os parâmetros Fósforo Total, e Oxigênio Dissolvido influenciaram na melhora do IQA de todos os pontos amostrais.

Um dos fatores que influenciam no aumento do IQA nas amostras coletadas em abril, são os despejos de esgoto doméstico que foram menores do que o mês de fevereiro, período de alta temporada.

O ponto 1 foi o que apresentou o maior IQA, condição boa, pois, é um local pertencente a Reserva da Serra do Tabuleiro, próximo a nascente, muito pouco urbanizado, com maior quantidade de mata ciliar, o que ajuda na preservação do rio, em que as atividades principais são a agricultura, e a ação antrópica é praticamente nula pela dificuldade de acesso.

O ponto 2 também apresenta boas condições de conservação, porém, é um local próximo da BR 282, parte da mata ciliar foi

substituída por pastagens, a urbanização é maior que a do ponto 1, e conseqüentemente ocorre maior despejo de esgoto doméstico. Além disso é mais acessível.

O ponto 3 apresentou condições regulares na primeira análise e boa depois, porém já é um local de muita urbanização, as atividades realizadas são criação de gado, plantações, e ocorrem grande despejos de esgoto doméstico.

Já o ponto 4, apresentou a pior condição, regular, pois são influenciados pelos despejos realizados nos pontos amostrais a montante, e o local é afetado por uma intensa urbanização, já que é muito próximo da BR 101, com grande movimentação de veículos, e próximo a uma obra.

Quanto aos testes de toxicidade aguda para *D. magna* realizados conclui-se que todos os pontos de coleta de amostras de água superficial não apresentaram toxicidade para este organismo. No entanto, esse resultado pode não detectar substâncias tóxicas com baixas concentrações que podem ser prejudiciais aos organismos ao longo do tempo por bioacumulação.

A realização de testes de toxicidade aguda com *D. magna* e as análises dos parâmetros físico químicos e biológicos são ferramentas fundamentais na avaliação da qualidade de água, que é muito importante para a preservação dos recursos hídricos, que estão ameaçados pelas atividades antrópicas.

Conclui-se que o monitoramento realizado no período de fevereiro a junho com quatro fases de coleta, são insuficientes para se avaliar profundamente a qualidade de água de um rio. Além disso, outros estudos deveriam ser feitos como o uso ocupação do solo da bacia do Rio Cubatão do Sul, testes de toxicidade crônica utilizando *D. magna* como organismo teste, e testes de toxicidade com outros organismos aquáticos.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As análises físico-químicas e biológicas apresentaram alguns resultados em desacordo com a Resolução CONAMA nº 357/05. Isso é muito preocupante, e algumas medidas devem ser tomadas para que no futuro o rio Cubatão do Sul não seja enquadrado como classe 3 ou 4, mas continue classificado como classe 2.

Para isso, deve-se preservar as águas do rio Cubatão do Sul através da educação ambiental das comunidades locais, da gestão das águas, da coleta e do tratamento do esgoto doméstico e industrial que são lançados no rio e da preservação da mata ciliar, que tem importante função de proteger o rio. Além disso, deve-se preservar as nascentes do Rio Cubatão do Sul que são enquadradas como classe especial.

A não preservação do rio Cubatão do Sul, podem trazer riscos à saúde pública, pelo contato com a água contaminada por fezes humanas e de animais e através de vetores como moscas, mosquitos, ratos e baratas.

Os resultados desse estudo podem ser muito úteis como materiais na educação ambiental da comunidade local, que é uma das responsáveis pela contaminação do rio Cubatão do Sul como também podem ser utilizados como informações preliminares para a elaboração de novos estudos por órgãos públicos e o público em geral.

9 RECOMENDAÇÕES

- Aumentar o número de pontos amostrais do Rio Cubatão do Sul.
- Realizar um número maior de coletas e análises de parâmetros físico-químicos e biológicos das amostras de água superficial do Rio Cubatão do Sul.
- Realizar testes de toxicidade crônica com *D. magna* em todos os pontos amostrais.
- Realizar testes de toxicidade com diferentes organismos aquáticos, que possam representar uma cadeia alimentar, sendo um representante do grupo de produtores, outro do grupo de consumidores primários e outro do grupo de consumidores secundários.
- Obter dados das precipitações e temperaturas diárias no período do estudo (no mínimo 1 ano).

10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **Panorama da Qualidade das Águas Superficiais no Brasil, Caderno de Recursos Hídricos**, Brasília, ANA, SPR. 2005.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION; WATER ENVIRONMENTAL FEDERATION. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 20ª ed., APHA: Washington, 1998.

ARAGÃO, M. A; ARAÚJO, R. P. A. Métodos de Ensaio de Toxicidade com Organismos Aquáticos. In: ZAGATTO, P. A.; BERTOLETTI, E. (Org.) **Ecotoxicologia Aquática - princípios e aplicações**. São Carlos: RIMA, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. Saneamento em Santa Catarina X Investimentos do PAC. ABES, Florianópolis: Santa Catarina. 2008. Disponível em: <http://www.abes-sc.org.br/novosite/images/documentos/SaneamentoPAC.pdf> Acesso em 20 de novembro de 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Ecotoxicologia aquática - Toxicidade aguda - Método de ensaio com *Daphnia* spp. (Cladocera, Crustacea)**: NBR 12.713. Rio de Janeiro: ABNT, 2003a.

BERTOLETTI, E.; DOMINGUES, D. F. Seleção, Manutenção e Cultivo de Organismos Aquáticos. In: ZAGATTO, P. A.; BERTOLETTI, E. (Org.) **Ecotoxicologia Aquática - princípios e aplicações**. São Carlos: RIMA, 2008.

BRASIL. FUNASA. **Manual de saneamento**. 4ª. ed. rev. - Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006. 408 p.

BRASIL. Lei nº 6.938. **Diário Oficial da União**, Brasília, 31 de agosto de 1981.

BRASIL. Lei nº 9.433. **Diário Oficial da União**, Brasília, 08 de janeiro de 1997.

BRUNI, J. C. **A água e a Vida**. Tempo Social; Rev. Sociol. USP, São Paulo, 13p., novembro de 1994.

CALIJURI, M. C.; OLIVEIRA, H. T. Manejo da Qualidade da Água: Uma Abordagem Metodológica. In: CASTRO, A. D. et. al. **Desenvolvimento Sustentado: Problemas e Estratégias**, 1ª Ed. EESC-USP, São Carlos, 360p., 2000.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. **Geoprocessamento para projetos ambientais**. São José dos Campos, INPE, 1998. 135p.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Variáveis de qualidade das águas. CETESB. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/agua/aguas-superficiais/variaveis.pdf>. Acesso em 05 de outubro de 2010^a.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Índice de qualidade das águas. CETESB. Disponível em <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/agua/aguas-superficiais/aguas-interiores/documentos/indices/02.pdf>. Acesso em 09 de outubro de 2010^b.

COMPANHIA CATARINENSE DE ÁGUAS E SANEAMENTO. **Expedição ao Rio Cubatão**. Disponível em <http://www.casan.com.br/index.php?sys=345>. Acesso em 20 de novembro de 2010.

CHASIN, A. A. da M.; PEDROZO, M. de F. M. O estudo da toxicologia. In: AZEVEDO, F. A.; CHASIN, A. A. da M. (Org.) **As bases toxicológicas da ecotoxicologia**. São Carlos: RIMa, 2003. 340p.

CHASIN, A. A. da M.; AZEVEDO F. A. de. Intoxicação e Avaliação da Toxicidade. In: AZEVEDO, F. A.; CHASIN, A. A. da M. (Org.) **As bases toxicológicas da ecotoxicologia**. São Carlos: RIMa, 2003. 340p.

CLARKE, R.; KING, J. **O Atlas da Água**. São Paulo, Publifolha, 2005. 128 p.

CURTARELLI, M. P. **SIG aplicado à caracterização morfométrica de bacias hidrográficas – estudo de caso da bacia hidrográfica do rio Cubatão do Sul** – Santa Catarina. 2009.

DERISIO, J. C. **Introdução ao Controle de Poluição Ambiental**. 3ª Ed. Signus Editora. São Paulo, 2007. 192p.

FUZINATTO, Cristiane Funghetto. **AValiação da Qualidade da Água de Rios Localizados na Ilha de Santa Catarina Utilizando Parâmetros Toxicológicos e o Índice de Qualidade da Água**. 2009. 245 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

KNIE, J. L. W.; LOPES, Ester W. B.. **TESTES TOXICOLÓGICOS - Métodos, técnicas e aplicações**. 2ª Florianópolis: Agência Alemã de Cooperação Técnica - Gtz, 2004. 288 p.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de Qualidade e Tratamento de água** 2ª Ed. Campinas. Editora Átomo. 2008. 444p.

MACHADO, P. A. L. **Direito ambiental brasileiro**. 11. ed.. São Paulo - 2002, p.177.

MAGALHÃES, P. C. Prefácio. In TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: Ed. da Universidade: ABRH: EDUSP. 1993. 943 p.

Mapoteca Digital do Estado de Santa Catarina. Disponível em: <http://www.ciram.com.br:8080/mapoteca/> acessado em: 02 out. 2010.

MATIAS, W. G. Toxicologia Ambiental. **Apostila**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina. 2007.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **11o Relatório de atividades 2000-2004**. Programa Nacional do Meio Ambiente: MMA, Brasília, 2004.

MONTEIRO, R. T. R. et al. Projeto Políticas Públicas FAPESP – Qualidade da água da sub-bacia do rio Corumbataí. In: **Assembléia Nacional da ASSEMAE**, 34 (Caxias do Sul, 2004). Saneamento Ambiental: a hora da solução. Anais...Caxias do Sul: ASSEMAE, 2004.

Portaria MS nº 518. Estabelece os procedimentos e responsabilidade relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 26 de março de 2004.

Portaria nº 017/02: Limites Máximos de Toxicidade Aguda para efluentes de diferentes origens. FATMA: Florianópolis - Santa Catarina, 2002.

Resolução CERH nº001/2008. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água de Santa Catarina e dá outras providências.

Resolução CONAMA nº 274. **Diário Oficial da União**, Brasília, 29 de novembro de 2000.

Resolução CONAMA nº 357. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e de outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 17 de março de 2005.

ROCHA, C. H. B.. **Geoprocessamento** - Tecnologia Transdisciplinar. Juiz de Fora, MundoGEO, 2000.

RODRIGUES, M.. **Introdução ao Geoprocessamento**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. São Paulo- 1990.

SANTA CATARINA. SECRETARIA DE ESTADO DA SAÚDE. Destino de esgoto por município e regionais de saúde, segundo SIAB – Sistema de Informação da Atenção Básica e CASAN – Companhia

Catarinense de Águas e Saneamento. Estado de Santa Catarina.
Relatórios: SES, Florianópolis: Santa Catarina. 2006.

SILVA, S. A.; OLIVEIRA, R. **Manual de Análises Físico-Químicas de Águas de Abastecimento e Residuárias**. Campina Grande, Paraíba, 2001 266p.

SILVEIRA, A. L. L. Ciclo Hidrológico e Bacia Hidrográfica. In TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: Ed. da Universidade: ABRH: EDUSP. 1993. 943 p.

SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 3ª Ed. P. 452, 2005.

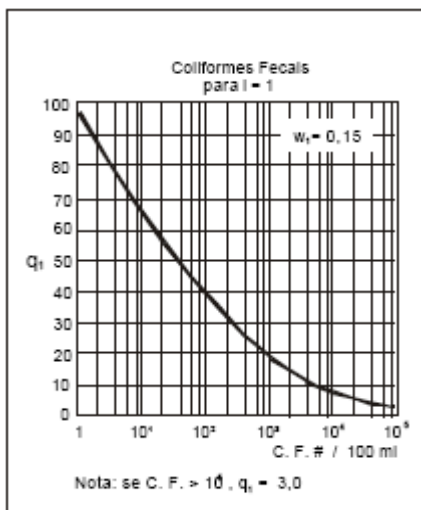
TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: Ed. da Universidade: ABRH: EDUSP. 1993. 943 p.

Water quality – Determination of the inhibition of the mobility of *Daphnia magna* Stratus (Cladocera, Crustacea) – Acute toxicity test: ISO 6341. USA: ISO, 1996.

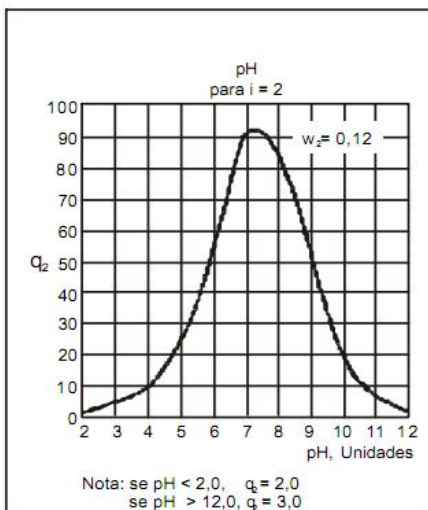
ZAGATTO, P. A; GOLDSTEIN, E. G. Estudo comparative entre as taxas de reprodução de *Daphnia similis* Claus, 1876 e *Daphnia magna* Straus, 1820: resultados preliminares. Anais. Simp. Bras. Aquicul. III São Carlos. p. 411-423. 1984.

ZAGATTO, P. A. Ecotoxicologia. In: ZAGATTO, P. A.; BERTOLETTI, E. (Org.) **Ecotoxicologia Aquática - princípios e aplicações**. São Carlos: RIMA, 2008.

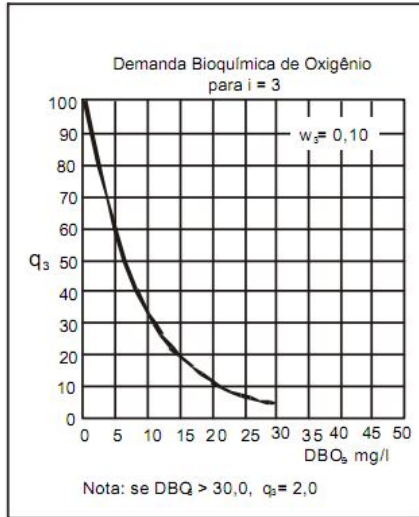
ANEXO



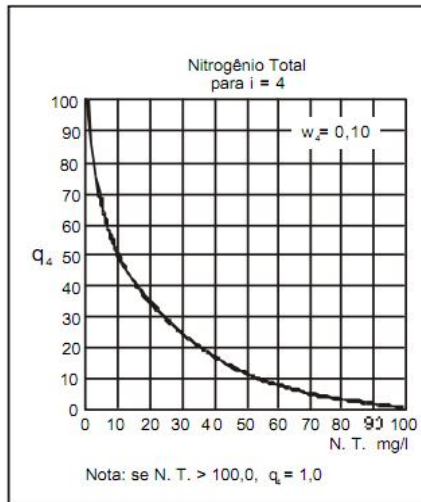
Anexo A - Curva de qualidade de água para Coliformes Fecais



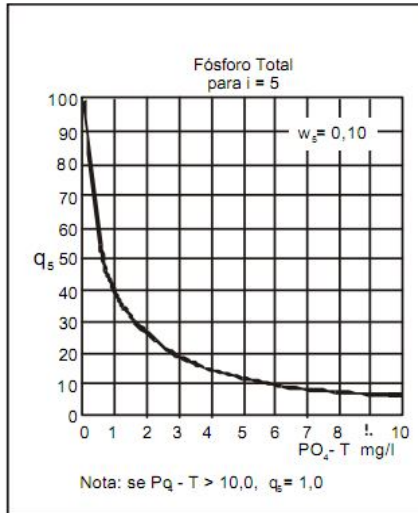
Anexo B- Curva de qualidade de água para pH



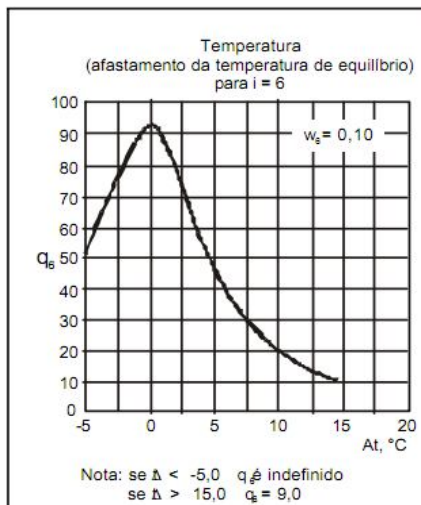
Anexo C - Curva de qualidade de água para DBO_5



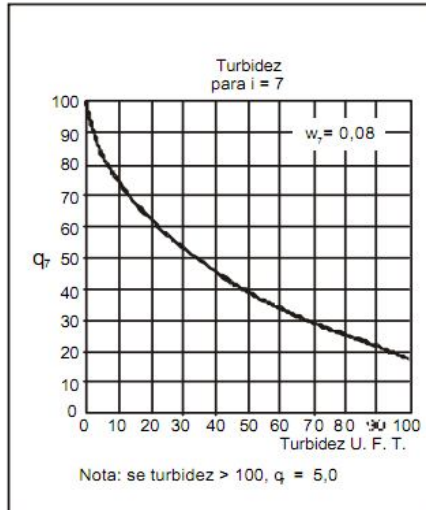
Anexo D - Curva de qualidade de água para Nitrogênio Total



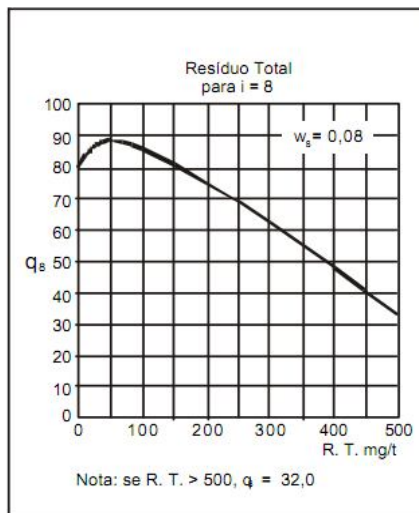
Anexo E - Curva de qualidade de água para Fósforo Total



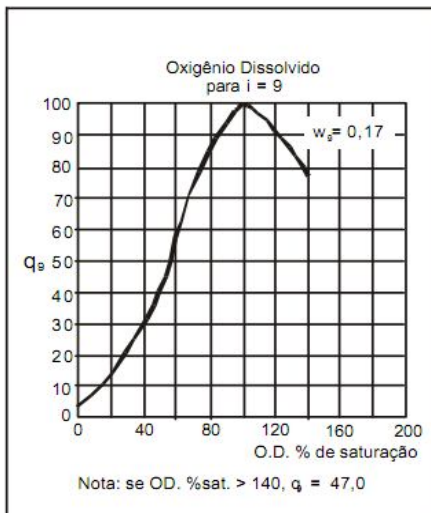
Anexo F - Curva de qualidade de água para Temperatura



Anexo G - Curva de qualidade de água para Turbidez



Anexo H - Curva de qualidade de água para Resíduo Total



Anexo I - Curva de qualidade de água para Oxigênio Dissolvido

Local de coleta	Temperatura (°C)				Média	Desvio Padrão
	22/fev	27/abr	03/jun	17/jun		
P1	20	21	20	19	20,0	0,82
P2	21	22	20	19	20,5	1,29
P3	22	22	20,5	19,5	21,0	1,22
P4	22	22	20,5	19,5	21,0	1,22

Anexo J - Resultado encontrado para as análises de Temperatura

Local de coleta	pH				Média	Desvio Padrão
	22/fev	27/abr	03/jun	17/jun		
P1	7,6	8,4	7	7	7,5	0,66
P2	7,4	8,2	7,5	6,6	7,4	0,66
P3	7,3	8,1	7,5	7,1	7,5	0,43
P4	7	6,1	5,6	6,4	6,3	0,59

Anexo K - Resultado encontrado para as análises de pH

Local de coleta	Turbidez (NTU)				Média	Desvio Padrão
	22/fev	27/abr	03/jun	17/jun		
P1	2,37	3,59	0,6	1,01	1,9	1,36
P2	9,44	4,93	0,68	1,86	4,2	3,91
P3	25,5	6,56	2,6	3,94	9,7	10,69
P4	82,5	29	31,6	32	43,8	25,85

Anexo L - Resultado encontrado para as análises de Turbidez

Local de coleta	Sólidos Totais (mg/L)				Média	Desvio Padrão
	22/fev	27/abr	03/jun	17/jun		
P1	65	66	44	34	52,2	15,84
P2	475	269	16	114	218,5	200,22
P3	671	282	257	298	377,0	196,72
P4	8111	2498	4029	5881	5129,7	2421,43

Anexo M - Resultado encontrado para as análises de Sólidos Totais

Local de coleta	OD (mg/L)				Média	Desvio Padrão
	22/fev	27/abr	03/jun	17/jun		
P1	7,1	7,4	7,1	8,5	7,53	0,67
P2	6,4	7,2	6,6	8	7,05	0,72
P3	5,6	7	6,6	7,7	6,73	0,88
P4	5,1	6,8	5,9	7,5	6,33	1,05

Anexo N - Resultado encontrado para as análises de Oxigênio Dissolvido

Local de coleta	DBO ₅ (mg/L)				Média	Desvio Padrão
	22/fev	27/abr	03/jun	17/jun		
P1	0	0,7	1,6	1,5	0,95	0,75
P2	1,5	2,9	2,4	1,7	2,13	0,64
P3	2,8	3,8	2,6	2,5	2,93	0,60
P4	3,6	3,8	4,6	4,4	4,10	0,48

Anexo O - Resultado encontrado para as análises de DBO₅

Local de coleta	Fósforo Total (mg/L)				Média	Desvio Padrão
	22/fev	27/abr	03/jun	17/jun		
P1	0,04	0	0	0	0,01	0,02
P2	0,24	0,19	0	0	0,11	0,13
P3	0,45	0,22	0	0	0,17	0,22
P4	1,3	0,48	0,18	0,3	0,57	0,51

Anexo P - Resultado encontrado para as análises de Fósforo Total

Local de coleta	Amônia (mg/L)				Média	Desvio Padrão
	22/fev	27/abr	03/jun	17/jun		
P1	0,35	0,37	0,07	0	0,20	0,19
P2	0,55	0,12	0,18	0,44	0,32	0,21
P3	0,72	0,25	0,31	0,04	0,33	0,28
P4	1,79	0,41	0,41	0,47	0,77	0,68

Anexo Q - Resultado encontrado para as análises de Amônia

Local de coleta	Nitrato (mg/L)				Média	Desvio Padrão
	22/fev	27/abr	03/jun	17/jun		
P1	0,06	0	0	0	0,015	0,03
P2	0,04	0	0	0	0,01	0,02
P3	0,03	0	0	0	0,008	0,015
P4	0,17	0,18	0	0	0,088	0,10112

Anexo R - Resultado encontrado para as análises de Nitrato

Local de coleta	Nitrito (mg/L)				Média	Desvio Padrão
	22/fev	27/abr	03/jun	17/jun		
P1	0	0	0,001	0	0,0003	0,0005
P2	0,006	0	0,001	0,015	0,0055	0,0069
P3	0,018	0,011	0,002	0,003	0,0085	0,0075
P4	0,07	0,012	0,012	0,018	0,0280	0,0281

Anexo S - Resultado encontrado para as análises de Nitrito

Local de coleta	Coliformes Fecais (NMP/100ml)		Média	Desvio Padrão
	22/fev	27/abr		
P1	387,3	98,5	242,9	204,21
P2	920,8	631	775,9	204,92
P3	2187	1416,6	1801,8	544,76
P4	5200	9208	7204,0	2834,08

Anexo T - Resultado encontrado para as análises de Coliformes Fecais